NEWTON

III.

BIBLJOTECZKA PRZYRODNICZA

POD REDAKCJĄ
ZOFJI BOHUSZEWICZÓWNY

STOPIEŃ II

M. GROTOWSKI

NEWTON

*

„DLA WSZYSTKICH" NR. 238

SERJA C.

MARJAN GROTOWSKI

NEWTON

CZ. III.

NAKŁAD KSIĘGARNI ŚW. WOJCIECHA
POZNAŃ — WARSZAWA — WILNO — LUBLIN
1933

TŁOCZONO W DRUKARNI ŚW. WOJCIECHA W POZNANIU
NA PAPIERZE Z WŁASNEJ FABRYKI PAPIERU „MALTA".
WINIETA OKŁADKOWA M. JAROSZYŃSKIEJ WYKONANA
TECHNIKĄ OFFSETOWĄ.

ROZDZIAŁ ÓSMY.

Ciążenie.

„Przypatrz się niebom i planet prędkości,
które wieczna myśl bez przestanku toczy.“
Piotr Kochanowski.
Przekład „Jerozolimy Wyzwolonej“.

Porównanie „Zasad“ z traktatem „Propositiones de motu“ daje najlepszy bodaj obraz niezwykłego wysiłku twórczego, dokonanego w ciągu niespełna siedemnastu miesięcy: od grudnia 1684 r. do maja 1686 r. To wszystko, co stanowiło treść rozprawy „o ruchu“, pomieściło się przy znacznem rozszerzeniu wywodów w pierwszej księdze „Zasad“, i to nie wypełniając jej całkowicie. Cała prawie księga druga i cała księga trzecia zawierają treść zupełnie nową, której nawet śladu niema w szkicu, przesłanym do T-wa Królewskiego. Temat bowiem pierwotny — wyprowadzenie praw Keplera z ogólnych zasad ruchu — przekształcając się stopniowo w zagadnienie „układu świata“, ogarnął wszystkie bezmała dziedziny fizyki. Rozprawa, dotycząca wyłącznie mechaniki niebieskiej, rozrosła się do rozmiarów dzieła, które nie bez racji można było uważać za syntezę ówczesnej wiedzy fizycznej i którego znaczną część stanowił rozbiór zjawisk, tak napozór od głównego tematu

odległych jak ruch falowy, opór środowiska, odbijanie, załamanie i uginanie się światła. Z tem rozszerzeniem się pierwotnego zakresu szło w parze znakomite pogłębienie treści, które przedewszystkiem wyraziło się w oparciu o teorję ciążenia powszechnego praw ruchu planet, rozpatrywanych w rozprawie „de motu" z punktu widzenia wyłącznie formalnego.

Założenie, że wszystkie, choćby najdrobniejsze cząstki materji, przyciągają się wzajemnie z siłami proporcjonalnemi do swych mas, wiązało się nietyle z wywodem praw Keplera, ile z „określeniami" oraz „pewnikami lub prawami ruchu". Można bowiem się bez niego obejść przy wyprowadzaniu prawa odwrotnych kwadratów, o czem świadczy rozprawa „o ruchu", w której niema mowy ani o ciążeniu powszechnem, ani nawet o masie. Pojęcie masy, tak charakterystyczne dla mechaniki Newtona, zjawia się w określonej postaci dopiero w „Zasadach", wtedy gdy ruch ciał niebieskich przestaje być w rozumowaniach Newtona zjawiskiem, wyodrębnionem z pośród innych zjawisk fizycznych, lecz służy raczej za najdobitniejszy przykład zasadności praw ogólnych, obowiązujących wszystkie bez wyjątku ciała.

Wtedy wprowadzenie pojęcia masy staje się do pewnego stopnia niezbędnem, inaczej bowiem niemożliwy byłby pomiar siły, działającej na dane ciało. Dla Newtona zaś wielkość, której nie można zmierzyć, posiada małe znaczenie. Według niego, mechanika, podobnie jak geometrja, musi się opierać na ścisłych pomiarach. Starożytni, coprawda, rozróżniali mechanikę rozumową (rationalem), po-

sługującą się ścisłemi dowodami, i praktyczną, do której zaliczali wszystkie sztuki ręczne. Rzemieślnicy jednak zazwyczaj nie są w swej pracy bardzo dokładni, stopniowo więc zaczęto wszystko, cokolwiek jest dokładne, zaliczać do geometrji, co zaś mniej dokładne do mechaniki, i w ten sposób ustaliło się odróżnianie geometrji od „całej mechaniki". Ale taki podział jest w istocie nieuzasadniony. „Błędy mają swe źródło nie w rzemiośle, lecz w rzemieślniku" (errores non sunt artis, sed artificum). Geometrja opiera się na praktyce mechanicznej (in praxi mechanica) i nie jest niczem innem, jak „tą częścią mechaniki powszechnej, która ściśle określa sztukę pomiaru (artem mensurandi) i uzasadnia ją". Idąc jednak za ustalonym zwyczajęm, można zachować podział poprzedni, należy jedynie inaczej określić rolę i zakres mechaniki rozumowej. Będzie ona „nauką o ruchach, które wynikają z jakichkolwiek sił", oraz nauką „o siłach, jakich wymagają jakiekolwiek ruchy" — nauką, posługującą się, podobnie jak geometrja, dokładnemi określeniami i dowodami.

Badania więc zagadnień mechanicznych będą polegały na matematycznem wyznaczeniu „wielkości sił i ich stosunków, które wynikają z dowolnie nałożonych warunków", następnie zaś po przejściu do rozważań natury fizycznej na zestawieniu tych stosunków „ze zjawiskami w celu ujawnienia, jakie warunki sił odpowiadają szczególnym rodzajom sił przyciągających"[1]). To „ujawnienie" możliwe jest tylko wtedy, gdy wszystkie wielkości

---

[1]) P. rozdział siódmy, str. 85.

mechaniczne będą mogły być zmierzone, a więc wyrażone liczbami, które będzie można podstawić do odpowiednich wzorów.

Otóż codzienne doświadczenie wskazuje, że wielkości siły, działającej na dane ciało, niepodobna wyznaczyć z pomiaru samego tylko przyrostu prędkości: w przypadku działania tej samej siły na różne ciała taki pomiar prowadziłby do całkowicie sprzecznych wyników. Stąd konieczność wprowadzenia pojęcia masy jako cechy mechanicznej, odróżniającej jedno ciało od drugiego. Masa jest zatem pojęciem, wypływającem bezpośrednio z doświadczenia; tem też tłumaczą się trudności, na jakie natrafiamy, chcąc ją dokładnie określić lub wykonać dokładny jej pomiar, który jedynie stopniowo może osiągnąć należytą ścisłość.

Newton, zakładając, że masa jest tem samem, co ilość materji, trudności tych nie usuwa; ilości bowiem materji też nie możemy ani dokładnie określić ani zmierzyć[1]. Takie założenie oddaje mu jednak niewątpliwe usługi: gdy weźmiemy dwa ciała o tym samym składzie chemicznym, tym samym stanie skupienia i tej samej temperaturze, możemy na podstawie tego założenia przyjąć, że ilości materji w nich zawarte, a co za tem idzie i masy, są w stosunku takim, jak objętości. Wystarczy przeto wykonać doświadczenie z takiemi dwoma ciałami, różniącemi się jedynie objętością, aby przekonać się, czy wnioski, wypływające z założeń podstawowych, a przedewszystkiem z „pewników lub praw ruchu", są zgodne z doświadcze-

---

[1]) P. rozdz. szósty, str. 33.

niem. Tak właśnie postępuje Newton[1]), sprawdzając, w jaki sposób zmieniają się prędkości dwu zderzających się kul. Z chwilą zaś, gdy na tym przykładzie prawa ruchu zostaną potwierdzone, można, zmieniając jedną z kul, wyznaczyć stosunek masy dowolnego ciała do masy kuli niezmienionej i w ten sposób mierzyć masy z dokładnością tak wielką, na jaką tylko pozwalają warunki doświadczenia.

Taka droga postępowania zgodna jest całkowicie z zasadami naukowego badania, które na tem polega, „aby wyznaczyć siły przyrody ze zjawisk ruchu, następnie zaś z tych sił wyprowadzić zjawiska pozostałe".

Zasady te utrudniają coprawda, a bodaj nawet uniemożliwiają stworzenie logicznego systematu. Pod tym względem dzieło Newtona stoi niewątpliwie niżej od „Zasad filozofji" Descartes'a, w których wszystkie zjawiska przyrody wyjaśnione są na podstawie założeń, ustalonych „w świetle rozumu", i gdzie wyprowadza się „uzasadnienie skutków z przyczyn, nie zaś przyczyn ze skutków". Ten brak okupiony jest jednak o wiele większą korzyścią. Wybór wielkości fizycznych, których wzajemną zależność wyraża prawo fizyczne, jest uniezależniony od tych czy innych zgóry powziętych założeń, jest on zawsze dokonany tak, aby możliwie ściśle odpowiadał doświadczeniu, które służyło mu za podstawę. Co więcej, ten brak odtwarza wiernie niedoskonałość naszej wiedzy: stopniowo tylko i powoli możemy dojść do zrozumienia istotnej treści tego, co nazywamy wielkością

---

[1]) P. rozdz. szósty, str. 60 i 65.

fizyczną. Dać jej odrazu ścisłe, nie podlegające żadnym zarzutom określenie, jest to założyć zgóry, że wiemy o niej wszystko, że żadne doświadczenie nic nam nowego o niej nie powie. Tak postępcwał Descartes, który snuł swój pogląd na „układ świata" z paru uznanych za bezsporne założeń. Ale cała jego kunsztowna budowa pada z chwilą, gdy podstawowe założenia okażą się błędne. Czyż więc nie pewniejsza jest droga odwrotna: „z ruchów [wyznaczać] siły poruszające; a we wszechświecie — ze skutków przyczyny i z przyczyn poszczególnych ogólne, dopóki się nie dojdzie do [przyczyn] najogólniejszych", które stają się podstawowemi prawami przyrody. Podobnie jak rzemieślnik, przystępujący do budowy nowego przyrządu, próbuje, przymierza, sprawdza, tworząc początkowo przyrząd niedoskonały, który zczasem dopiero, może już w ręku jego następcy, całkowicie odpowiadać będzie przeznaczeniu, i badacz przyrody z poznanych przez siebie ułamków rzeczywistości tworzy pierwsze zarysy praw przyrody, próbuje z chaosu obserwowanych zjawisk wyodrębnić te, które najbardziej przykuwają jego uwagę, w trudzie i napół poomacku dobiera pojęcia, które im będą najlepiej odpowiadały, wiedząc, że czegokolwiekby dokonał, ci, co po nim przyjdą, wiele jeszcze będą musieli uzupełnić i poprawić.

Tego więc określenia masy, którem Newton rozpoczyna „Zasady", nie należy uważać za ostateczne. Można nawet powiedzieć, że poza określeniem pierwszem „Zasady" podają jeszcze trojakie określenie masy. Pierwsze wynika z drugiego prawa ruchu, masa jest według niego miarą

bezwładności ciała. Drugie, którego Newton wyraźnie nie formułuje i, zdaje się, nie odróżnia od pierwszego, zawarte jest w „określeniu trzeciem", dotyczącem „siły przyrodzonej materji". Newton nie poprzestaje na prostem stwierdzeniu faktu, że ciało „samo przez się" nie może zmienić swej prędkości, lecz zaznacza również, że w chwili zmiany stanu ruchu ciała ujawnia się pewne działanie, które możemy uważać za opór albo za popęd: „Opór, o ile ciało dla zachowania swego ruchu sprzeciwia się sile przyłożonej; popęd, o ile to samo ciało stara się zmienić stan przeszkody, której siła oporu z trudem ustępuje" [1]). Wbrew zwyczajowi Newton nie podaje miary ani tego oporu ani tego popędu, wobec czego na ustęp ten powoływać się będą mogli zarówno ci, co za Kartezjuszem miarę tego działania widzieli w ilości ruchu, jak i ci, którzy idąc śladami Leibniza, stwierdzali, że działanie to jest proporcjonalne do drugiej potęgi prędkości ciała. Newton sam, zdaje się, na zagadnienie to większej uwagi nie zwrócił. Sądząc z tej roli, jaką w jego rozważaniach odgrywa ilość ruchu, skłonni bylibyśmy przypuszczać, że przychylał się raczej ku poglądom kartezjańskim; z drugiej jednak strony przytoczony wyżej [2]) ustęp ze „Scholium", stanowiący zakończenie „pewników lub praw ruchu", świadczy, jak bliski był Newton pojęcia pracy, a co za tem idzie i leibnizowskiej „siły żywej". Ale zarówno wtedy, gdy rozpatrywać będziemy działanie w czasie, co nas dopro-

---

[1]) P. rozdział szósty, str. 35.
[2]) P. rozdział szósty, str. 68—69.

wadzi do poglądów kartezjanistów, jak i wtedy, gdy wraz z Leibnizem rozważać będziemy działanie w przestrzeni[1]), możemy dać inne niż poprzednio określenie masy. Staje się ona jakby miarą „pojemności mechanicznej" ciała, cechą istotną, od której zależy jego działanie: przy tej samej prędkości działanie ciała jest tem większe, im większa jest jego masa. To nowe określenie możemy uważać za wniosek z podstawowych założeń Newtona, a przedewszystkiem z drugiego prawa ruchu, możemy jednak równie dobrze wziąć je za podstawę rozważań, i wtedy określenie pierwsze stanie się wynikającym z niego wnioskiem; pomiar bowiem masy, o którym była mowa wyżej, odpowiada równie dobrze jednemu i drugiemu określeniu[2]).

Odmienny charakter ma określenie trzecie, oparte na innym pomiarze masy, nie mającym nic wspólnego z pomiarem poprzednim. „Ujawnia się ona [masa] przez ciężar dowolnego ciała. Znalazłem bowiem z najdokładniejszych doświadczeń nad wahadłem, że jest ona proporcjonalna do ciężaru"[3]). Doświadczenia te, opisane w trzeciej księdze „Zasad", można coprawda uważać za proste powtórzenie doświadczeń, wykonanych przez Galileusza i przytoczonych w pierwszym dniu jego

---

[1]) W pierwszym przypadku „działanie" jest proporcjonalne do iloczynu siły przez czas, w drugim do iloczynu siły przez drogę, przebytą w kierunku jej działania przez punkt jej przyczepienia.

[2]) W przypadku kul sprężystych.

[3]) P. rozdział szósty, str. 34.

„Rozmów i dowodzeń matematycznych"[1]), w rozważaniach Newtona odgrywają one jednak zupełnie inną rolę. Dla Galileusza stanowiły one potwierdzenie wniosku, wyprowadzonego już uprzednio, że pogląd Arystotelesa, jakoby ciała lżejsze spadały wolniej niż cięższe, jest niesłuszny; dla Newtona były one ujawnieniem nowej własności masy, — własności, której nie można logicznie wydedukować ani z „określeń" ani z „pewników lub praw ruchu". Żadne rozumowanie nie może udowodnić, że stosunek ciężarów dwu ciał, wyznaczony w tem samem miejscu ziemi, równy jest stosunkowi mas tych ciał, wyznaczonemu metodą poprzednią. Jest to fakt doświadczalny, stwierdzający nową, nieobjętą żadnem z dwu poprzednich określeń, cechę masy — jej proporcjonalność do ciężaru. Ten fakt nabiera jeszcze większego znaczenia, jeżeli się zważy, że ciężar ciał ziemskich jest przypadkiem szczególnym sił

---

[1]) „...wziąłem dwie kulki, jedną z ołowiu a drugą z korka, jedną sto razy cięższą od drugiej, i zawiesiłem obie na dwóch cienkich sznurkach jednakowej długości, od czterech do pięciu łokci: odchylając obie kulki od ich zawieszenia pionowego, puszczałem je swobodnie i one spadały po okręgach kół jednakowego promienia, przekraczały położenia pionowe sznurków i tą samą drogą wracały, a po stu wahaniach w jedną i drugą stronę okazało się wyraźnie, że ciało ciężkie poruszało się tak równocześnie z lekkiem, że ani w stu ani w tysiącu wahań nie dała się zauważyć jak najmniejsza różnica..." (Galileo Galilei. Rozmowy i dowodzenia matematyczne w zakresie dwóch nowych umiejętności, dotyczących mechaniki i ruchów miejscowych — przełożył F. K. Wydawnictwo Kasy im. Mianowskiego, Warszawa, 1930 r. Str. 69).

ciążenia, powodujących i wyznaczających ruch planet; w związku z prawem odwrotnych kwadratów pozwala on całkowicie rozwiązać zagadnienia mechaniki niebieskiej. Jeżeli bowiem znamy wielkości mas działających, ich początkowe położenia i początkowe prędkości, to, posługując się wzorami Newtona, możemy obliczyć siły działające między ciałami, a więc i przyspieszenie, jakiego one udzielają ciałom, następnie prędkość, jaką będą w danej chwili posiadały, drogę, którą przebędą w oznaczonym czasie, a wreszcie położenia, które zczasem zajmą. Obliczenia te coprawda połączone są z pewnemi trudnościami: ciążenie jest powszechne — „wszystkie ciała wzajemnie ciążą ku sobie". Wszechświat więc stanowi jedną spójną całość: przewyższająca wszelką ludzką możność obliczenia ilość ciał, w nim zawartych, działa na siebie wzajemnie siłami, których wartość dopiero w nieskończoności staje się równą zeru. Zmiana położenia choćby jednego ciała we wszechświecie wpływa na zmianę położenia wszystkich ciał pozostałych. Dochodzimy tedy do tej samej wzajemnej zależności wszystkich zjawisk wszechświata, która Descartes'owi i jego następcom utrudniła, a może nawet i uniemożliwiła oparcie teorji wirów na ścisłym rachunku. Ale ta trudność w rozumieniu Newtona jest raczej pozorna. Cóż z tego, że wzór matematyczny pozwala obliczyć siły, z jakiemi działają wzajemnie na siebie dwa bardzo odległe ciała, jeżeli żaden przyrząd nie jest w stanie wykryć tego działania? Cóż z tego, że w niemałym trudzie obliczać będziemy przyciąganie, wywierane przez gwiazdy stałe na ciała

układu słonecznego, jeżeli stosowanie zasady bezwładności do ruchu ciał tego układu względem gwiazd stałych nie prowadzi do żadnej sprzeczności z najdokładniejszemi doświadczeniami? Czyż więc nie można założyć, że układ słoneczny jest układem odosobnionym, nie podlegającym działaniu żadnych ciał, znajdujących się poza nim, a więc nie związanym siłami ciążenia powszechnego z resztą wszechświata? W badaniu bowiem fizycznem granice dokładności, do jakiej musimy dążyć, ustalają nie wzory teoretyczne, lecz doświadczenia przez nas wykonywane. „...Oto dlaczego w przytoczonym tu rachunku pomijam dla skrócenia pewne ułamki; nie dbam bowiem w najmniejszej mierze o dokładny rachunek w doświadczeniu niedość dokładnem"[1]).

Dlatego też i ziemię wraz ze znajdującemi się na niej ciałami możemy wbrew oczywistości uważać niekiedy za układ odosobniony; wtedy np. gdy chodzi o wyznaczenie ciężaru ciał ziemskich: jak wynika z rachunku „siła księżyca, podnosząca morze, jest w takim stosunku do siły grawitacji, jak 1 do 2 871 400; jest więc rzeczą jasną, że siła ta jest o wiele mniejsza od tej, którąby można wyznaczyć w doświadczeniach z wahadłami lub w doświadczeniach statycznych i hydrostatycznych"[2]). Dlatego też w słynnych obliczeniach[3]), wyznaczających stosunek przyspieszenia księżyca do przyspieszenia swobodnie spadających ciał ziemskich,

---

[1]) P. rozdział siódmy, str. 101.
[2]) P. rozdział siódmy, str. 135.
[3]) P. rozdział siódmy, str. 125.

Newton uważa księżyc i ziemię za układ odosobniony; wpływ bowiem słońca ujawnia się w takich zakłóceniach drogi księżyca, które w tym rachunku nie są brane pod uwagę.

Takie założenia nigdy nie doprowadzą do błędnych wniosków. Prawda, zczasem w miarę udoskonalenia przyrządów i metod badania może się okazać, że działanie, którego przedtem nie można było ujawnić, staje się teraz dostępne pomiarom. Ale to nie obali pomiarów poprzednich, lecz uzupełni je odpowiednią poprawką, otrzymaną z uwzględnienia nowoodkrytego działania. Zwiększy się więc jedynie granica dokładności. Z prawa bowiem niezależności działania sił wynika, że wprowadzenie do rozważań nowej siły zmienia tylko ruch wypadkowy ciała, w niczem nie wpływając na działanie tych sił, które były już poprzednio uwzględnione w rachunku. To właśnie pozwala nam rozpatrywać zjawiska bardzo złożone, których rachunkiem nie możemy odrazu opanować, jak np. ruch księżyca pod łącznem działaniem słońca i ziemi. Wtedy na drodze stopniowych przybliżeń, otrzymywanych przez wprowadzanie do rachunku czynników, niebranych przedtem pod uwagę, można dojść wkońcu do wyników różniących się od danych doświadczalnych o wartości, które leżą w granicach błędu doświadczenia.

Ale nawet gdyby się okazało, że rozwiązanie danego zagadnienia przewyższa nasze siły, byłoby to jedynie dowodem niedoskonałości czy to naszych pomiarów, czy też metod rachunkowych, i w niczem nie mogłoby podważyć przekonania o bezwzględnej słuszności prawa powszechnego ciążenia.

Prawo to jest, według Newtona, udowodnione w sposób „znacznie silniejszy niż nieprzenikliwość ciał, na którą nie mamy żadnego dowodu doświadczalnego w ciałach niebieskich ani też w żadnej obserwacji"[1]. Jest ono, jak tego niezbicie dowodzą twierdzenia księgi pierwszej, jedynem prawem, które może wyjaśnić ruch ciał w układzie słonecznym, jedynem, które nadaje doświadczalnym prawom Keplera uzasadnienie fizyczne, które ustala wewnętrzną ich łączność, które wreszcie sprowadza je, zgodnie z zasadniczym postulatem nauki, do zasady ogólniejszej. Dzięki niemu możemy powiązać takie zjawiska, jak ruch eliptyczny planet dookoła słońca, zmianę położenia punktów równonocnych, zakłócenia ruchu księżyca, ze spłaszczeniem ziemi, z odpływem i przypływem morza, z ruchem ciała swobodnie spadającego na powierzchni ziemi i stwierdzić w ten sposób jedność wszechświata, w którym te same prawa rządzą zarówno ruchem ciał ziemskich, jak i ruchem ledwo dostrzegalnych ciał niebieskich; ono też pozwala, jak tego w 160 lat potem dowiedzie odkrycie Neptuna[2], wyznaczyć ruch takich

---

[1]) P. rozdz. siódmy, str. 122.

[2]) Wkrótce po odkryciu (w 1781 r.) przez W. Herschla planety Urana zauważono pewne zakłócenia jego orbity, których nie można było wyjaśnić działaniem przyciągającem znanych podówczas planet. Pierwszy Hussey (około 1834 r.) założył, że musi istnieć nieznane nam ciało niebieskie, zakłócające bieg Urana. Astronomowie Adams i Leverrier, jeden niezależnie od drugiego, przystąpili w 1845 r. do obliczenia, gdzie powinno znajdować się to nieznane ciało, aby w ten właśnie sposób działać na Urana. Obliczenia ich, zakończone w 1845 r. (Adams), lecz ogłoszone później i w 1846 r. (Leverrier) pozwoliły

ciał niebieskich, które nigdy przedtem nie były bezpośrednio obserwowane. To też powtórzy zczasem (1813 r.) za Newtonem Laplace, „że nic nie jest lepiej udowodnione w filozofji przyrody, jak ruch ziemi i zasada ciążenia powszechnego, [działającego] w stosunku prostym do mas i odwrotnym do kwadratu odległości".

W ten sposób również znajdują znakomite, choć pośrednie potwierdzenie „pewniki lub prawa ruchu", na których opiera się teorja grawitacji. Zjawia się więc pytanie, czy nie można ich użyć do znalezienia praw, rządzących innemi zjawiskami. „Wiele... [powodów] skłania mnie do przypuszczeń, że od jakichś sił zależy to wszystko, co sprawia, że cząstki ciał na skutek nieznanych dotychczas przyczyn albo wzajemnie się uderzają i spajają w prawidłowe kształty, albo też wzajem od siebie odstępują i odbiegają: nie znając tych sił, filozofowie dotychczas napróżno badali przyrodę"[1]). Siły te oczywiście nie są identyczne z siłami ciężkości. W „Zasadach" spotykamy poza siłą ciążenia jeszcze dwojakiego rodzaju siły. Jedne z nich są, podobnie jak siła ciążenia, siłami środkowemi, inaczej jednak niż ona zmieniają się wraz ze wzrostem odległości: są one odwrotnie proporcjonalne do trzeciej (siły magnetyczne) lub do pierwszej potęgi odległości (międzycząstkowe odpychania w płynie). To nadaje im inne zupełnie cechy niż te, które posiadają siły odwrotnie proporcjonalne

---

astronomowi Galle znaleźć nową planetę, nazwaną później Neptunem; okazała się ona gwiazdą ósmej wielkości, a więc niewidzialną dla nieuzbrojonego oka.

[1]) P. rozdz. szósty, str. 31.

do drugiej lub wprost proporcjonalne do pierwszej potęgi odległości (gdy punkt materjalny znajduje się wewnątrz ciała przyciągającego). Tylko bowiem w tych dwu przypadkach, z których drugi posiada zresztą mniejsze znaczenie, ciało przyciągające możemy uważać za fizyczną jedność, tylko wtedy, jak wynika z twierdzeń działu XII księgi pierwszej[1]), możemy zastąpić w rachunku działanie poszczególnych cząstek kuli założeniem, że cała jej masa skupiona jest w jej środku geometrycznym; tylko wtedy istnieje pewien punkt wyróżniony, z którego położenia możemy sądzić o działaniu przyciągającem ciała. We wszystkich innych przypadkach działanie, jakie ciało wywiera, zależy od położenia ciała przyciąganego względem poszczególnych części ciała przyciągającego; przy zetknięciu więc dwu ciał dochodzi do wartości nieskończenie wielkiej. Dlatego też siły takie, jak magnetyczne lub międzycząstkowe, muszą kończyć się „na najbliższych cząstkach lub niewiele poza nie przenikać"[2]). W przeciwieństwie więc do sił ciążenia wyrażają raczej wzajemne działanie nie ciał, lecz cząstek tego samego lub dwu różnych ciał.

Drugą kategorję, zaledwie wspomnianą w końcowym ustępie „Zasad", stanowią siły spójności, elektryczne i inne, których źródłem jest „dech najsubtelniejszy" (spiritus subtilissimus)[3]). Mają one tyle tylko wspólnego z siłami, rozpatrywanemi w „Zasadach", że jak można wnioskować z przy-

---

[1]) P. rozdz. siódmy, str. 87.
[2]) P. rozdz. siódmy, str. 98.
[3]) P. rozdz. siódmy, str. 145.

toczonego wyżej urywka przedmowy, ruch przez nie wywołany będzie także podlegał „pewnikom albo prawom ruchu".

Ale żadna z sił tych dwu kategoryj nie jest tak bezpośrednio, nieodłącznie związana z masą, jak siła ciążenia. Gdziekolwiek jest masa, działa ciążenie; nie może istnieć masa, którąby nie działała na inne siłami przyciągającemi, nie może istnieć ciążenie tam, gdzie niema masy. Możnaby zatem wnioskować, że ciążenie stanowi istotną cechę masy, w niej ma swe wyłączne źródło. Wniosku takiego Newton wyraźnie nigdzie nie stawia; w ostatniem „Scholium generale" kategorycznie się nawet przeciwko niemu zastrzega: „Wyjaśniłem siłą grawitacji zjawiska niebios i naszego morza, lecz nigdzie nie podałem przyczyny grawitacji. Siła ta powstaje z jakiejś przyczyny (causa), przenikającej bez zmniejszenia mocy aż do środków słońca i planet... Powodu (rationem) jednak tych własności ciążenia nie mogłem wyprowadzić ze zjawisk..." [1])

Związek między masą a ciążeniem nie stanowiłby zatem, w świetle tych słów, ostatecznego wyjaśnienia zjawisk grawitacyjnych, lecz raczej byłby dogodnym wzorem matematycznym, na którym należy, tymczasem przynajmniej, poprzestać. „Wystarczy, że ciężkość rzeczywiście istnieje i działa według praw przez nas wyłożonych, i to jest dostateczne dla [wyjaśnienia] wszystkich ruchów ciał niebieskich i naszego morza" [2]).

---

[1]) P. rozdz. siódmy, str. 145.
[2]) P. rozdz. siódmy, str. 145.

Ale tym ustępom, które pojawiają się dopiero w trzeciem wydaniu „Zasad", przeczy ustęp inny[1]) w wydaniu pierwszem „Zasad", równie jak tamte kategorycznie wyrażony; przy wyliczaniu takich własności ciał jak rozciągłość, twardość, bezwładność Newton wymienia i ciężkość, „wszystkie bowiem ciała wzajemnie ciążą ku sobie". Istotnie, skoro nie można „ze zjawisk wyprowadzić" innego wyjaśnienia prawa, którego słuszność jest poza wszelką wątpliwością, należy przyjąć takie, które okazuje się jedynie możliwe.

Czy wolno było jednak nazwać wyjaśnieniem stwierdzenie faktu, że materja posiada własności przyciągania; czy takie wyjaśnienie nie było tylko ominięciem trudności, powrotem do szkodliwych tradycyj epoki poprzedniej, gdzie „własności ukryte" (qualitates occultae) tak wielką i tak szkodliwą odgrywały rolę, tamując rozwój nauki poprzestawaniem na tych słownych i pozornych wyjaśnieniach. To też ten ustęp „Zasad" musiał wywołać sprzeciwy; stał się on źródłem sporu, który miał trwać aż do dni ostatnich, sporu o „przyczynę ciężkości" — de causa gravitatis.

Pierwszy wystąpił Huygens, który zresztą zdał sobie odrazu sprawę z niepomiernej wyższości teorji Newtona nad wszystkiemi poprzedniemi teorjami, nie wyłączając teorji Descartes'a. Huygens naogół nisko szacował tę część „Filozofji przyrody" Kartezjusza, która dotyczyła ruchu planet. Końcowy ustęp pośmiertnie wydanego (1698 r.) dzieła „Cosmotheoros lub rozmyślania, dotyczące wszechświata" zawiera

[1]) P. rozdz. siódmy, str. 122.

niezwykle ostrą jej ocenę: „Uwagi Kartezjusza opierają się całkowicie na tak kruchych podstawach, że często dziwię się, jak mógł on zadawać sobie tyle trudu dla zestawienia takich zmyślań". Te braki kartezjańskiej teorji wirów rzucały się szczególniej w oczy przy porównaniu jej z wywodami Newtona. „Wiry Descartes'a, pisał Huygens do Leibniza w 1693 r., mogą być coprawda dogodne przy wyjaśnieniu pewnych zjawisk, jak np. jednakowego kierunku krążenia planet, są jednak niedogodne przy wyjaśnianiu innych zjawisk, jak np. prawdziwego przyspieszenia i opóźnienia [ruchu] planet na ich orbitach. Poza tem trudną byłoby rzeczą objaśnić, jak mogłyby komety przechodzić swobodnie przez taki wir, który przecież musi unosić planety, a to wszystko w hipotezie Newtona nie nastręcza trudności". To też, gdy w grudniu 1691 r. Fatio de Duillier, dyletant, kręcący się podówczas w londyńskich kołach naukowych, zawiadomi go listownie, że zamierza przerobić „Zasady" Newtona, których „długość go przeraża", i dodać „różne rzeczy" od siebie, Huygens opatrzy ten list ironiczną uwagą na marginesie: „niech Pan tyle nie dodaje" (n'y ajoutez pas tant), wcześniej zaś jeszcze zapewni Locke'a, znakomitego filozofa, lecz miernego matematyka, że matematyczna strona „Zasad" nie podlega najmniejszym zarzutom.

Z Newtonem bowiem łączyło Huygensa podobne ujmowanie metod badania naukowego. Dla niego, jak i dla Newtona, doświadczenie było ostatecznym sprawdzianem słuszności wywodów. „...Zasady [nauk przyrodniczych] pisał we wstępie do „Rozprawy o świetle" (Traité de la lu-

mière), wydanej w 1690 r., można sprawdzić dopiero przez wnioski, które się z nich wyprowadza... Jest jednak rzeczą możliwą osiągnąć [na tej drodze] taki stopień prawdopodobieństwa, który bardzo często nie ustępuje ścisłemu dowodowi. Ten przypadek wtedy mianowicie zachodzi, gdy wnioski, wyprowadzone na podstawie przyjęcia tych zasad, są całkowicie zgodne ze zjawiskami, jakie poznajemy z doświadczenia; szczególnie wtedy, gdy ilość ich jest wielka, a bardziej jeszcze, gdy można wymyślić i przewidzieć nowe zjawiska, wypływające z przyjętych założeń, i stwierdzić, że wynik odpowiada naszym przewidywaniom".

Mimo to Huygens nie mógł przyjąć bez zastrzeżeń teorji ciążenia powszechnego. Przyznawał chętnie, że „gdy tylko się przyjrzymy wywodom Newtona, który z założenia takiej siły ciężkości wyprowadził wszystkie prawa ruchu planet, jakie Kepler mógł tylko odgadywać i sprawdzać obserwacjami, to nie można wątpić, że hipotezy Newtona co do ciężkości i, co za tem idzie, cały układ na nich oparty, jest słuszny". Jest on tem prawdopodobniejszy, że w układzie Newtona znajdujemy przezwyciężenie wielu trudności, które związane są z wirami Descartes'a. Pozwala on zrozumieć, „dlaczego mimośrody dróg planetarnych pozostają stałe, dlaczego drogi te zachowują stałe nachylenie do ekliptyki i dlaczego wszystkie ich płaszczyzny przechodzą przez słońce", pozwala obliczyć „przyspieszenie i opóźnienie planet w ich biegu" i wreszcie pojąć, „jak komety mogą przechodzić przez układ słoneczny". Ale teorja Newtona posiada jedną zasadniczą wadę. „Newton, przecząc

wirom kartezjańskim, dopuszcza [istnienie] w przestrzeni niebieskiej jedynie bardzo rozdrobnionej materji, aby planety i komety doznawały w biegu możliwie małego oporu. Wtedy jednak wydaje mi się wyjaśnienie ciężkości... niemożliwem." I to nietylko dlatego, że założenie przestrzeni próżnej, w której tu i owdzie byłaby rozmieszczona w odosobnionych skupieniach materja, przeczyłoby tej teorji optycznej, którą wtedy właśnie Huygens ostatecznie opracowywał, a która zakładała istnienie środowiska, przenoszącego ruch falowy, stanowiący według niego istotę światła, ale i z innego, o wiele ważniejszego powodu, wynikającego z zasady, po raz pierwszy wyraźnie sformułowanej przez Descartes'a. „W fizyce nie można się posuwać naprzód, jeżeli się nie wyprowadza wszystkich zjawisk z zasad, leżących w obrębie naszego ducha". Otóż, przypisanie materji „cudownie działających własności" jest wykroczeniem poza ten obręb, „oddala nas od zasad matematyki i mechaniki", nie może bowiem być wyjaśnione ani „przez prawidła ruchu ani przez mechaniczną zasadę". Jedynem więc wyjściem jest odrzucenie nawet jako tymczasowej hipotezy teorji ciążenia powszechnego i poszukanie innego uzasadnienia dla prawa odwrotnych kwadratów.

Próbę takiego wyjaśnienia dał Huygens w przemówieniu, wygłoszonem w czerwcu 1689 r. na pamiętnem posiedzeniu T-wa Królewskiego, na którem po raz pierwszy i ostatni spotkali się dwaj najwięksi podówczas fizycy świata — Huygens i Newton. Huygens mówił o istocie ciężkości, Newton o podwójnem załamaniu światła, wielkiem odkryciu Huygensa.

Huygens w przemówieniu przypomniał doświadczenie, które wykonał jeszcze w 1661 r. i które w swoim czasie wywarło ogromne wrażenie. Na dnie napełnionego wodą cylindrycznego naczynia między dwiema napiętemi nićmi umieszczona była kulka tak, że mogła się swobodnie poruszać w kierunku średnicy naczynia. Gdy naczynie zostało wprawione w ruch obrotowy dookoła osi, prostopadłej do dna i przechodzącej przez jego środek, kulka oddalała się od osi, i doszedłszy do ścianki naczynia, pozostawała względem niego w spoczynku, wirując z niem razem. Nagłe zahamowanie ruchu obrotowego wytrącało kulkę z jej względnego spoczynku: przybliżała się ona do osi, jakgdyby działała na nią siła przyciągająca. To ciekawe doświadczenie nie odtwarzało, rzecz prosta, całkowicie ruchu pod działaniem siły ciężkości, w którym droga ciała spadającego jest skierowana do środka ciała przyciągającego, tu zaś kulka poruszała się prostopadle do osi obrotu. Dlatego też Huygens odrzuca istnienie jednego wiru o oznaczonej, niezmiennej osi obrotu i zakłada, że niezwykle płynna materja, wypełniająca zarówno przestrzeń, jak i pory zwykłych ciał, wiruje z olbrzymią prędkością dookoła rozlicznych osi, przechodzących przez środek ziemi. Ciała, zanurzone w tych wirach, doznając ze wszystkich stron mniej więcej równomiernych uderzeń, nie są przez te wiry porywane. Dążność jednak cząstek płynu do oddalania się w czasie ruchu obrotowego od osi sprawia, że ciała są spychane w kierunku odpowiednich osi obrotu i ostatecznie w kierunku punktu przecięcia się wszystkich osi, a więc ku środkowi

ziemi. Argument, uważany przez Newtona za decydujący, że materja, wypełniająca wszechświat, stawiałaby opór ruchowi planet, przy takiem ujęciu zagadnienia traci wiele na znaczeniu: opór powstaje wtedy, gdy ciało porusza się w danem środowisku, w tym zaś przypadku ruch ciała jest spowodowany i do pewnego stopnia podtrzymywany przez ruch środowiska. Tego zaledwie nakreślonego szkicu teorji, której podstawy zawierała odczytana jeszcze w 1669 r. na posiedzeniu Akademji Francuskiej „rozprawa o ciężkości" (discours sur la pesanteur), Huygens nie popierał żadnym bardziej szczegółowym rachunkiem; zaznaczał jedynie, że prędkość obrotowa owych wirów elementarnych musi być co najmniej siedemnaście razy większa od prędkości ruchu obrotowego ziemi, przy takiej bowiem prędkości siła odśrodkowa zrównoważy siłę ciężkości.

Powód, który wstrzymywał Huygensa od dalszej pracy w tym kierunku, wymieniony jest wyraźnie w liście do Leibniza (z 11 czerwca 1692 r.): „Dla wyjaśnienia równowagi między ciążeniem planet a ich siłami odśrodkowemi należałoby, chcąc utrzymać moją zasadę, przyjąć, że prędkości krążącej materji zmniejszają się w pewnym stosunku w miarę wzrostu odległości od środka. Ten stosunek mógłbym łatwo wyznaczyć, ale dotychczas nie znalazłem przyczyny tych różnych prędkości". Z tych samych powodów odrzuca analogiczne teorje wymienionego wyżej Fatio de Duillera i wybitnego kartezjanisty Varignona, nazywając je wprost chimerycznemi i nie przyczyniającemi się w najmniejszym nawet stopniu do rozwiązania zagadnienia ciężkości.

Ostatecznie przeto i Huygensowi nie pozostawałoby nic innego jak powtórzyć za Newtonem, że przyczyny własności grawitacyjnych nie udało mu się „wyprowadzić ze zjawisk". Ale to, co dla Huygensa było stwierdzeniem chwilowej niemożności, wynikającej z niedoskonałości naszej wiedzy, dla Newtona miało zgoła inne znaczenie.

Newton, podobnie jak Huygens, nie uważał teorji ciążenia powszechnego i wynikającej z niej pośrednio zasady działania na odległość za wystarczające ze stanowiska nauki objaśnienie zjawisk. „Jest rzeczą niepojętą, pisał w 1693 r. do przyjaciela swego, teologa protestanckiego Bentleya, w jaki sposób nieuduchowiona, nierozumna (brute) materja może bez pośrednictwa czegoś innego, co nie jest materjalne, działać i wywierać wpływ na inną materję, nie będąc z nią we wzajemnem zetknięciu, co musiałoby zachodzić, gdyby ciążenie (gravitation) było w myśl Epikura cechą istotną, nierozerwalnie związaną z materją (essential and inherent). Oto jest powód, dla którego nie mogę się zgodzić na przypisywane mi przez Pana pojęcie przyrodzonego (innate) ciążenia. Pogląd, że ciążenie należy uważać za cechę materji przyrodzoną, istotną i nierozerwalnie z nią związaną tak, że jedno ciało może działać na drugie z odległości poprzez pustą przestrzeń bez pośrednictwa czegoś, coby mogło przenosić działanie i siłę od jednego ciała do drugiego, wydaje mi się tak wielką niedorzecznością (absurdity), że żaden, sądzę, człowiek, posiadający wystarczające zdolności do filozoficznych rozważań, nie mógłby nigdy wpaść na taki pomysł". Podkreślał raz jeszcze, jakgdyby to, co powiedział w „Za-

sadach", było niewystarczające, że nie wie, co jest przyczyną ciężkości i że rozważania tego rodzaju pozostawia innym. W rozmowie z lordem Astonem, który pytał go o dowody istnienia próżni, zastrzegał się stanowczo, że miał na myśli jedynie „materia sensibilis" — tę, którą poznajemy zmysłami.

Co więcej, Newton nie przestaje nigdy szukać innego rozwiązania. Poglądy, wyrażone w przytoczonym wyżej liście do Boyle'a[1]), są jedną tylko, nie pierwszą prawdopodobnie próbą wyprowadzenia zjawisk ciężkości z praw ruchu; w „pytaniach" „Optyki", wydanej o wiele później (1704 r.), powraca znów zagadnienie, czy nie istnieje eteryczne środowisko, które „w słońcu, gwiazdach, planetach i kometach jest o wiele rzadsze, niż w próżnych przestrzeniach niebios między niemi? Czy nie staje się ono w wielkich od nich odległościach coraz gęstszem i gęstszem i nie powoduje w ten sposób wzajemnego przyciągania tych wielkich ciał i ich części; każde bowiem ciało dąży do przejścia z gęstszej części środowiska ku rzadszej. Gdyż jeżeli to środowisko jest rzadsze wewnątrz ciała słonecznego niż na jego powierzchni, tam zaś rzadsze niż w odległości $\frac{1}{100}$ cala od ciała, i tam znów rzadsze niż [w miejscu], oddalonem od ciała o $\frac{1}{50}$ cala, i tu znów rzadsze, niż na orbicie Saturna, to niema żadnego powodu, aby ten wzrost gęstości miał gdziekolwiek ustać i nie zachodzić na wszelkiej odległości między słońcem a Saturnem oraz poza nim. Gdyby nawet ten wzrost gęstości był w wielkich odległościach niezwykle mały, wystarczyłby przy niezwykle

---

[1]) P. rozdział piąty, str. 16.

wielkiej sile sprężystości środowiska, aby pędzić ciała z gęstszych do rzadszych części środowiska z całą siłą, którą nazywamy grawitacją".

Ale tego rodzaju myśli można wypowiadać jedynie w listach lub też w „pytaniach", nie stanowiących systematycznego wykładu, jeno raczej zestawienie nieopracowanych jeszcze dostatecznie zagadnień, program badań dla przyszłych pokoleń. W „Zasadach" niema na nie miejsca. „Hipotez bowiem nie stawiam. A czegokolwiek nie można wyprowadzić ze zjawisk, to należy nazywać hipotezą". Ze zjawisk zaś ciążenia nic więcej poza prawem odwrotnych kwadratów i proporcjonalnością siły przyciągania do działających mas wyprowadzić nie było można. Wszystkie dalsze rozważania byłyby oparte jedynie na mniej lub więcej dowolnych założeniach, byłyby uznaniem za swoją metody Descartes'a, który pisał, że nie chce być tak zuchwałym, aby „rozumując o tylu rzeczach, twierdzić, że odkrył ich przyrodzoną prawdę", i który uważał, że choćby założenia jego okazały się fałszywemi, to praca jego i tak będzie miała dostateczną wartość, jeżeli wszystkie wysnute z niej wnioski będą zgodne z doświadczeniem. To właśnie stanowiło dla Newtona cechy metody, której nigdy nie uznawał, to właśnie stanowiło istotną treść słowa „hipoteza", które ongiś użyte przez Pardiesa[1]) w stosunku do jego teorji światła wywołało niesłychane jego oburzenie.

Newton inaczej sobie wyobrażał cel nauki niż Descartes, który kończył przytoczony wyżej ustęp

---

[1]) Rozdz. czwarty, str. 122.

pełnemi sceptycyzmu słowami: „[wtedy] bowiem[1]) będziemy mieli tyle z nich pożytku w życiu, ile z poznania samej prawdy". Odpowiadając Pardiesowi, Newton pisał, że „gdyby [twierdzeń swoich o własnościach światła] nie uważał za prawdziwe, wolałby raczej odrzucić je, jako próżne i błahe domysły, niż podawać je, jako własne hipotezy".

Dlatego też wolał uznać swoją bezsilność i poprzestać na stwierdzeniu, że „grawitacja musi być spowodowana przez czynnik, który stale działa według pewnych praw; ale czy ten czynnik jest materjalny czy też niematerjalny, pozostawiam to rozważaniu moich czytelników".

Sam dla siebie zagadnienie to rozstrzygnął. Skoro nauka okazuje się bezsilną, objaśnienie znaleźć można w wierze. To właśnie wyraża przytoczony wyżej ustęp „Scholium generale"[2]), tę myśl wypowie jeszcze przed ukazaniem się w druku „Zasad" Halley (w 1686 r.) w streszczeniu dzieła newtonowskiego, umieszczonem w „Philosophical Transactions".

„Jakkolwiek ciemna jest działająca przyczyna ciężkości, to cel, jakiemu służy (final cause), jest wystarczająco jasny; ciężkość bowiem jest jedyną zasadą (principle), dzięki której części ziemi i wszystkich ciał niebieskich unikają rozproszenia (dissolution): wobec tego, że najmniejsze cząstki [tych ciał] nie mogą bardzo oddalić się od ich powierzchni, będąc zpowrotem ściągane ku środkowi przez przy-

---

[1]) Gdy wnioski z założeń będą zgodne z doświadczeniem.

[2]) Rozdział siódmy, str. 144 i nast.

rodzone dążenie, którego udzieliła im dla ich zachowania nieskończona mądrość ich Stwórcy".

Był to niewątpliwie pogląd Newtona. Wyrazi go raz jeszcze w dwudziestem ósmem „pytaniu" „Optyki". „Co wypełnia przestrzeń, prawie pozbawioną materji, i skąd pochodzi, że słońce i planety przyciągają się wzajemnie, gdy niema między niemi gęstej materji? Skąd pochodzi, że przyroda nic nie czyni napróżno, i skąd wypływa cały porządek i piękno świata? Poco istnieją komety i skąd pochodzi, że wszystkie planety poruszają się po kołach współśrodkowych w jednym i tym samym kierunku, gdy komety biegną we wszelki możliwy sposób po drogach mimośrodkowych. I co przeszkadza gwiazdom stałym, że nie spadają na siebie wzajemnie?...

...I gdy to wszystko tak jest urządzone, czyż nie wynika ze zjawisk przyrody, że musi istnieć bezcielesna, żyjąca, rozumna i wszędzieobecna Istota, która w nieskończonej przestrzeni przenika jakby swemi narządami zmysłów to, co jest najbardziej wewnętrzne w rzeczach, i która w bezpośredniej obecności całkowicie je pojmuje..."

Prawo zatem powszechnego ciążenia w postaci, w jakiej podały je „Zasady", należałoby do dziedziny, niedostępnej zrozumieniu ludzkiemu.

Trzeba było czekać początków wieku dwudziestego, aby w dwieście prawie lat po śmierci Newtona prawo to stało się znowu przedmiotem badań nauki.

ROZDZIAŁ DZIEWIĄTY.

W Cambridge i w Londynie. — Wydanie „Optyki".

„Usque huc venies et non procedes amplius". (Aż dotąd wychodzić będziesz a dalej nie postąpisz). Księga Hioba 38, 11.

Ostatnie rozdziały „Zasad" pisał Newton w warunkach, niezmiernie odbiegających od zwykłego, spokojnego trybu życia w Cambridge. W lutym 1687 r. władze uniwersyteckie otrzymały z kancelarji króla Jakóba II (1685—1688) rozporządzenie, mocą którego miał być udzielony ojcu Franciszkowi Albanowi, członkowi zakonu benedyktynów, tytuł magistra sztuk (master of arts), przyczem o. Alban był zwolniony od składania ślubów t. zw. posłuszeństwa i wierności. To rozporządzenie, mające na celu usunięcie via facti jednego z wielu ograniczeń, jakie od czasów Cromwella pozbawiały katolików praw obywatelskich, było niewątpliwie niezgodne ze statutami i przywilejami uniwersytetu, co więcej, było niezgodne z przekonaniami całej prawie ludności Anglji, która tolerancję religijną uważała za zamach na swoje prawa i która podejrzliwie, a często nienawistnie traktowała nielicznych katolików. Senat[1]) uniwersytecki znalazł

[1]) Senat składał się ze wszystkich doktorów i magistrów uniwersytetu.

się w trudnem położeniu: poddać się rozporządzeniu królewskiemu nie chciał i nie mógł, przeciwstawić mu się otwarcie nie pozwalała tradycja uniwersytetu w Cambridge, słynącego zawsze z posłuszeństwa władzy królewskiej. Ostatecznie zdecydowano się na opór: senat jednogłośnie postanowił nie uznać rozporządzenia królewskiego, wskutek czego wicekanclerz uniwersytetu dr. Pechel[1]) i deputaci senatu zostali zawezwani na dzień 21 kwietnia 1687 r. przed groźną Komisję Najwyższą, zasiadającą w Westminsterze. Między deputowanymi znalazł się i Newton, należący, zdaje się, do bardziej nieprzejednanych. Przewodniczący Najwyższej Komisji lord Jeffrys, który niedawno zyskał smutną sławę krwawem stłumieniem buntu przeciwko Jakóbowi II, brutalnie obszedł się z przedstawicielami uniwersytetu, przerywając ich wywody i nie uznając żadnego z przytoczonych przez nich argumentów. Wszystkim deputowanym udzielono surowej nagany, wicekanclerza usunięto z urzędu. Newton wrócił do Cambridge, tym razem jednak nie na długo. 21 grudnia 1688 r. król Jakób II opuścił Londyn, nie czekając na zebranie się nowego parlamentu, którego pierwsze posiedzenie miało się odbyć 15 stycznia 1689 r. Uniwersytetowi w Cambridge przysługiwało prawo obioru dwu członków parlamentu. Mandaty te powierzono Robertowi Sawyerowi, wybitnemu członkowi partji

---

[1]) Urząd wicekanclerza odpowiadał mniej więcej naszemu urzędowi rektorskiemu. Kanclerz był raczej protektorem uniwersytetu. W owym czasie kanclerzem był ks. of Albermarle, który nie odegrał w tym zatargu znaczniejszej roli.

torysów[1]), i Newtonowi, którego przekonania ciążyły raczej ku grupie wigów.

Ucieczka króla postawiła przed parlamentem zadanie rozstrzygnięcia, do kogo należy korona Anglji. Newton zgodnie z większością parlamentu głosował za detronizacją Jakóba II i za oddaniem korony Wilhelmowi Orańskiemu i żonie jego Marji, córce Jakóba II.

W Cambridge zwolennicy usuniętego króla byli dość liczni i wiadomość o uchwale parlamentu wywołała wśród studentów silne wrzenie; niektórzy z nich zaczęli się nawet zbroić. Newton listami, nadsyłanemi z Londynu, starał się przekonać władze uniwersyteckie o konieczności poddania się nowym władcom. Wierność i posłuszeństwo, pisał Newton, winni jesteśmy królowi na mocy obowiązujących praw, gdyby zaś nasze ślubowania miały być od praw silniejsze, oznaczałyby zgodę naszą na oddanie się w niewolę i poddanie się absolutnej władzy króla; my zaś „na mocy praw jesteśmy ludźmi swobodnymi". Tym zaś, których te argumenty nie przekonywały, zwracał ze zwykłym sobie rozsądkiem życiowym uwagę na wymowę faktu dokonanego. „Quod fieri non debuit, factum

[1]) Nazwy torysów (tories) i wigów (whigs) pojawiły się w angielskim języku politycznym za panowania Karola II. Początkowo torysami nazywano stronników króla, będących naogół wrogami praw wyjątkowych przeciwko katolikom, wigami — opozycję przeciwko królowi, tolerancyjnie usposobioną względem licznych podówczas sekt protestanckich, których wrogiem był urzędowy kościół anglikański. Stopniowo nazwy te zaczęły służyć do oznaczania konserwatystów i liberałów.

valet[1]). I ci [przeciwnicy uchwały konwencji] nie mogą sądzić i krytykować swoich przełożonych, lecz słuchać i szanować ich zgodnie z prawem i zasadą biernego posłuszeństwa".

W samym parlamencie Newton żadnej roli nie odegrał. Do następnego parlamentu, zwołanego po rozwiązaniu konwencji w 1690 r. wybrany nie został. Uniwersytet obydwa swoje mandaty oddał torysom, na których zresztą tym razem głosował i Newton. Działalność jego polityczna tego okresu skończyła się więc niepowodzeniem. Niepowodzenie spotkało również wysiłki jego przyjaciół, chcących zapewnić mu lepiej płatne od profesury stanowisko w Londynie. W dodatku wtedy właśnie spotkał go bolesny cios — śmierć matki. Newton na pierwszą wiadomość o jej chorobie wyjechał do Woolsthorpe'u, ale ani lekarstwa, jakie własnoręcznie przyrządzał, ani troskliwa opieka, jaką otaczał matkę do ostatnich chwil jej życia, spędzając przy niej dnie i noce, nie zdołały odwrócić nieuniknionego końca. Wszystko to razem w połączeniu z wyczerpaniem nieustanną pracą tylu lat zmogło wreszcie silny organizm Newtona. Jesienią 1692 r. ciężko się rozchorował. Wiadomość o złym stanie zdrowia Newtona zaniepokoiła nietylko jego angielskich przyjaciół, lecz i koła naukowe kontynentu, tem bardziej, że pewna atmosfera tajemniczości, jaka otoczyła tę chorobę, i wysiłki najbliższych, pragnących ukryć ją przed obcymi, dawała pole do najfantastyczniejszych pogłosek.

---

[1]) Co nie powinno było się stać, ma swe znaczenie, gdy już się stało.

Huygens dowiedział się o niej bardzo późno, w maju 1694 r., od przyjezdnego Szkota dr. Colma, który go zawiadomił, że „najsławniejszy i największy geometra (vir celeberrimus ac summus geometra) Izaak Newton osiemnaście miesięcy temu wpadł w obłęd, czy to z powodu zbyt usilnej pracy (ex nimia studii assiduitate), czy też z powodu zmartwienia, jakiego doznał, gdy pożar zniszczył jego pracownię chemiczną i pewne jego notatki. Kiedy przyszedł do arcybiskupa Cambridge, mówił słowa, które dowodziły jego obłędu. Wzięty pod opiekę przyjaciół, którzy zamknęli go w domu i zastosowali lekarstwa, odzyskał zdrowie o tyle, że mógł na nowo zacząć rozumieć swą książkę „Matematyczne Zasady Filozofji". Huygens bardzo przejął się tą wiadomością i w kilkanaście dni potem podzielił się nią z Leibnizem. Leibniz prawie natychmiast mu odpowiedział; wyrażał swą radość, że jednocześnie z wieścią o chorobie Newtona otrzymał nowinę o jego wyzdrowieniu; takim właśnie ludziom jak Newton i Huygens życzył „długiego życia i wiele zdrowia bardziej, niż innym, których utrata byłaby w porównaniu nie tak wielka". Życzenia jego miały spełnić się tylko częściowo: gdy w parę miesięcy później zwrócił się do Huygensa z zapytaniem, czy Newton całkowicie wyzdrowiał, odpowiedzi nie otrzymał. Huygens już nie żył (1695 r.).

W pogłoskach o chorobie Newtona było niewątpliwie wiele przesady. Nieprawdziwą była, zdaje się, przedewszystkiem wiadomość o związku między pożarem w pracowni a chorobą Newtona. Jest jednak rzeczą charakterystyczną, uwydatniającą jaskrawo osamotnienie Newtona, że i w samem

Cambridge nie znano szczegółów oraz powodu jego choroby. W diarjuszu, spisywanym przez niejakiego Abrahama de la Pryme'a, który był podówczas studentem uniwersytetu w Cambridge, znajduje się pod d. 3 lutego 1693[1]) następująca notatka: „Muszę opisać to, co dzisiaj słyszałem. Jest tutaj pewien pan Newton (którego często widywałem), fellow kolegjum Św. Trójcy, sławny ze swej uczoności, jako doskonały matematyk, filozof, teolog i t. d. Jest on od wielu lat członkiem Towarzystwa Królewskiego; i pomiędzy wielu bardzo uczonemi książkami i rozprawami napisał jedną o matematycznych zasadach filozofji, która mu przyniosła wielkie imię; otrzymał on za nią obfitość listów dziękczynnych, szczególnie ze Szkocji: ale ze wszystkich książek, jakie kiedykolwiek napisał, była jedna o barwach i świetle, oparta na tysiącach doświadczeń, które wykonywał przez dwadzieścia lat, i która kosztowała go wiele setek funtów. Doczekał się nieszczęścia, że ta książka, którą tak wysoko cenił i o której tyle było mowy, uległa zniszczeniu i została całkowicie stracona, właśnie wtedy, gdy uczony autor miał dojść do pewnych wniosków. Zniszczenie zaszło w następujących warunkach. Pewnego zimowego ranka, udając się do kaplicy, zostawił wśród innych papierów palącą się świecę, która w jakiś sposób zapaliła papiery, te zaś podpaliły wymienioną książkę i całkowicie ją zniszczyły; i co jest istotnie cudowne, nie wyrządziły dalszej szkody. Ale gdy pan Newton

---

[1]) Data poprawiona według współczesnej rachuby. De la Pryme podaje 3 lutego 1692 r.

wrócił z kaplicy i zobaczył, co się stało, to przypuszczano powszechnie, że wpadnie w obłęd; był tak wstrząśnięty, że mógł przyjść do siebie dopiero po miesiącu".

W tej opowieści jedna rzecz jest bezwątpienia prawdziwa: pożar w pracowni, który zniszczył część rękopisu „Optyki". Data jednak tego pożaru jest dość dowolnie złączona z początkiem choroby Newtona. Wypadek ten zaszedł, zdaje się, znacznie wcześniej: przed wykończeniem „Zasad", być może zaraz po pierwszym powrocie z Londynu, i nie tu było źródło choroby Newtona, która istotnie miała wszelkie cechy rozstroju nerwowego.

„Nie jadam ani nie sypiam już od dwunastu miesięcy, pisał we wrześniu 1693 r. do sekretarza admiralicji Pepy'ego, nie mam też poprzedniej siły umysłu (consistency of mind)". Podejrzliwość jego i rozdrażnienie wzrosły do niebywałych rozmiarów. Opanowała go jakby manja prześladowcza, wydawało mu się, że jest otoczony wrogami, knującymi przeciwko niemu jakieś intrygi. W przytoczonym wyżej liście do Pepy'ego tłumaczy się, że nigdy nie miał zamiaru ubiegać się o cokolwiek za jego pośrednictwem lub też starać się o względy króla Jakóba II. W wysłanym w trzy dni później liście do Locke'a, z którym go zawsze łączyły dobre stosunki, pisze o swem wzburzeniu, gdy usłyszał plotkę o jakichś knowaniach Locke'a[1]), przeciwko sobie; „tak się tem wzburzyłem, że kiedy

---

[1]) Z tekstu listu trudno zrozumieć, o co właściwie chodziło.

mi opowiadano o pańskiej chorobie i o możliwości pańskiej śmierci, odpowiedziałem, że byłoby lepiej, gdyby Pan umarł". Przeprasza go też za to i zapewnia, że jest jego „najpokorniejszym i najnieszczęśliwszym sługą".

W liście następnym żali się, że „od dwu tygodni nie spał ani godziny, od pięciu zaś dni nawet oka nie zmrużył", że o poprzednio wysłanym liście pamięta, treści jego jednak przypomnieć sobie nie może.

Ale nawet w tych niezwykle ciężkich warunkach pracował dalej. Badania swoje przerywał tylko wtedy, gdy niemoc fizyczna całkowicie mu je uniemożliwiała. Jeszcze w sierpniu i wrześniu 1692 r. dostarczył Wallisowi potrzebnych mu materjałów do teorji fluksyj. W czerwcu 1692 r. dokonał badań halo, mierząc średnicę pierścieni, otaczających słońce, i starał się wyznaczyć dokładnie ich barwę. W grudniu tegoż roku i w styczniu 1693 r. głównym przedmiotem zajęć Newtona były badania chemiczne. Wiązały się one, być może, z tajemniczym przepisem „pomnażania złota", jaki Boyle przed śmiercią (w 1691 r.) przekazał Newtonowi i Locke'owi. Newton w przepis ten, który polecał między innemi mieszanie jakiejś czerwonej ziemi z rtęcią, niebardzo wierzył; przypuszczał, że Boyle zaczerpnął go z postanowień parlamentu, skierowanych przeciwko „pomnażaczom złota", którzy niekiedy pojawiali się w Londynie. Odraczał też na coraz dalsze terminy rozpoczęcie odpowiednich doświadczeń; w lecie 1692 r. pisał do Locke'a, że nie ma ochoty sprawdzania tego przepisu i odradza Locke'owi wdawania się

w tę sprawę ze względu na wielkie koszty z tem związane. Tłumaczył się, że z trzech części przepisu pierwszą i trzecią zgubił: wypadły mu z kieszeni. Ostatecznie jednak, poddając się ostatniej woli Boyle'a, od którego otrzymał trochę tej czerwonej ziemi, zgadzał się na okazanie Locke'owi pomocy. Było mu to zresztą bardzo nie na rękę, gdyż wtedy właśnie przystępował do badań, wymagających wiele czasu — wyznaczenia zakłóceń drogi księżyca, częściowo tylko omówionych w „Zasadach". Sprawdzenie na tem — tak ważnem ze względów praktycznych — zagadnieniu słuszności „pewników albo praw ruchu" miało w oczach Newtona o wiele większe znaczenie, niż powtarzanie doświadczeń Boyle'a o wartości co najmniej wątpliwej, tem bardziej, że rozgłos i powodzenie „Zasad" nakładały na ich autora obowiązek dalszej nad niemi pracy.

Książka ta, o której wydawane przez lipskiego profesora Ottona Menckego „Acta eruditorum" pisały, że „znajduje się powszechnie w rękach uczonych", zaraz po swem ukazaniu się w druku wywołała w świecie naukowym duże poruszenie. Obszerne streszczenia w czasopismach naukowych[1]) uprzystępniły jej treść tym, którychby mogła odstraszać objętość dzieła newtonowskiego i jego charakter matematyczny, i w niemałym stopniu przyczyniły się do rozpowszechnienia zawartych

---

[1]) Wymienione wyżej streszczenie Halleya w „Philosophical Transactions", które ukazało się jeszcze przed wydrukowaniem „Zasad", następnie zaś streszczenie anonimowe w „Acta eruditorum" (1688 r.).

w niej twierdzeń. Nie znaczyło to oczywiście, aby miały one być bez zastrzeżeń przyjmowane. Poglądy kartezjańskie zbyt były rozpowszechnione na kontynencie, aby „Zasady" mogły je odrazu przezwyciężyć. Książka Newtona zmusiła jednak do pewnej rewizji i do pogłębienia założeń, zawartych w dziele Kartezjusza. Teorja Varignona, o której wyżej była mowa[1]), stanowiła ciekawy przykład próby pogodzenia teorji grawitacji z zasadami filozofji kartezjuszowskiej.

Wpływ ten sięgał nawet do obozu zdecydowanych przeciwników teorji newtonowskiej. Leibniz, który wkrótce przeciwstawi się stanowczo jej założeniom, probuje w 1689 r.[2]) wyprowadzić twierdzenia grawitacyjne Newtona z hipotezy krążenia harmonijnego. Tą nazwą oznacza ruch około stałego środka, zachodzący w ten sposób, że prędkość ruchu jest odwrotnie proporcjonalna do odległości od środka. Próba ta nie dała dobrych wyników. Rozważania jednak tych zagadnień doprowadziły w sześć lat później Leibniza do odrzucenia kartezjuszowskiego określenia materji. Wbrew Descartes'owi zakładał, że ciała różnią się nietylko rozciągłością, lecz również zdolnością działania, udzieloną im przez Stwórcę. Działanie to Leibniz[3]) nazwał siłą, utrwalając w ten sposób na długie

---

[1]) P. rozdział ósmy, str. 22.

[2]) Tentamen de motuum coelestium causis (próba wyjaśnienia przyczyn ruchów niebieskich).

[3]) Specimen dynamicum pro Admirandis Naturae legibus circa Corporum vires et mutuas actiones (Przykład dynamiczny godnych podziwu praw przyrody co do sił ciał i działań wzajemnych).

lata godną ubolewania niejasność i dwuznaczność terminologji. Te „siły" materji mogą być czynne (activae) i bierne (passivae), do nich zaliczał Leibniz nieprzenikliwość i bezwładność. Taki podział nie jest jedyny: można równie dobrze podzielić „siły" na takie, które stanowią popęd do ruchu, mogący istnieć i w ciele, będącem w spoczynku, i na takie, które stanowią cechę poruszającego się ciała. Pierwsze z nich nazwał Leibniz „martwemi", drugie — „żywemi". Z tych dwu nazw miała utrzymać się tylko druga — siła żywa, używana aż po dziś dzień na oznaczenie energji ruchu.

W Anglji teorja Newtona spotkała się z niewielkim naogół oporem. Kartezjanizm, który za panowania Karola II stanowił filozofję panującą w wyższych sferach społeczeństwa, podejrzewanych przez szeroki ogół o daleko posuniętą obojętność religijną, był przez wielu uważany za wyraz filozofji ateistycznej[1]), tem godniejszy potępienia, że pochodzący z Francji, której w owych czasach w Anglji serdecznie nienawidzono. Teorja przeciwna kartezjanizmowi, będąca dziełem nieposzlakowanego Anglika, już z tego choćby tytułu zasługiwała w oczach zelantów na uznanie. W dodatku, co było równie ważną rzeczą, ani autor ani jego wywody nie mogły być oskarżane o ateizm. To też poza bardzo nielicznem gronem uczonych, którzy dzieło Newtona oceniali według jego istotnej wartości, nie zaś według potrzeb chwili bieżącej, na tę stronę teorji ciążenia powszechnego przedewszystkiem zwrócono uwagę. W przytoczonych wyżej sło-

---

[1]) P. rozdział pierwszy, str. 20.

wach Abrahama de la Pryme'a o „obfitości listów", otrzymywanych przez Newtona, było mniej przesady, niż to mogłoby się na pierwszy rzut oka wydawać. Zainteresowanie „Zasadami" było ogromne, szczególnie, gdy dzięki t. zw. fundacji Boyle'a, wieści o książce Newtona zaczęły się przedostawać do szerszego ogółu. Boyle, gorliwy protestant, przeznaczył w testamencie pewną sumę na organizację wykładów, mających zwalczać ateizm. W 1692 r. pierwszy na ten temat odczyt wygłosił przyjaciel Newtona, znakomity teolog Ryszard Bentley, który ostatni z czterech wygłoszonych odczytów oparł całkowicie na rozważaniu wniosków, wynikających z niemożności objaśnienia „causae gravitatis". Temu odczytowi bardzo starannie przygotowanemu przez Bentleya[1]) i niewątpliwie odtwarzającemu poglądy samego Newtona, nieznane wtedy szerszemu ogółowi[2]), „Zasady" zawdzięczały bardzo wiele. Zaczęto zwracać się do Newtona i do innych uczonych z prośbą o wskazówki, jak należy studjować „Zasady" i z jakiemi dziełami należy się zapoznać, aby móc je zrozumieć.

Taki stosunek do teorji Newtona ułatwił jej szybkie opanowanie terenu uniwersyteckiego. Poza Cambridge, gdzie początkowo Newton, później zaś następca jego Whiston wykładali słuchaczom nową mechanikę, była ona wykładana od r. 1690 r. w uniwersytetach szkockich przez braci Gregory — Dawida

---

[1]) Odczyty te zostały ogłoszone drukiem w 1692 i 1693 r.

[2]) Listy Newtona do Bentleya, z których wyjątki przytaczaliśmy wyżej, zostały ogłoszone drukiem dopiero w 1756.

(1661—1708) w Edynburgu i Jamesa w St. Andrews[1]) — a od 1697 r. i w Oxfordzie. Trafiła nawet wkrótce do podręczników, coprawda w dość niezwykły sposób. W 1697 r. ukazał się łaciński przekład książki Rohault — Traité de physique — zawierającej najdoskonalszy podówczas wykład fizyki kartezjańskiej. Tłumacz Clarke, jeden z najgorętszych wielbicieli Newtona, opatrzył ją obszernemi przypisami, „zaczerpniętemi, jak zaznaczał w tytule, po większej części z filozofji znakomitego Izaaka Newtona". W tych warunkach niewielki, zdaje się, nakład pierwszego wydania „Zasad" został prędko wyczerpany. Wkrótce stały się one rzadkością, płacono za nie czasami czterokrotną cenę księgarską, niekiedy nawet całą książkę przepisywano. Coraz bardziej też nalegano o przyspieszenie drugiego wydania.

Było to również życzeniem Newtona, któremu jednak nie mógł odrazu zadośćuczynić. Wyznaczanie zakłóceń drogi księżyca z obserwacyj, dostarczanych Newtonowi przez pracowitego i sumiennego kierownika obserwatorjum w Greenwich Flamsteeda, wymagało dłuższego czasu i było połączone z dodatkowemi badaniami nad załamaniem się światła w atmosferze. Trzeba było również myśleć o usunięciu pewnych błędów, które się wkradły do pierwszego wydania, a to, jak objaśniał Newton, z powodu zbyt wielkiego pośpiechu przy pisaniu „Zasad". W każdym bądź razie aż

[1]) Bracia Gregory byli synami Dawida Gregory, brata wymienionego w rozdziale piątym i dziesiątym Jakóba (Jamesa).

do roku 1696 praca posuwała się naprzód, gdy nagle w życiu Newtona zaszła zmiana, która drugie wydanie odsunęła w dalszą przyszłość. Zmianę tę spowodował „serdeczny przyjaciel" Newtona Karol Montague.

Młodszy o dwadzieścia prawie lat od Newtona był podobnie jak i on wychowankiem kolegjum Św. Trójcy w czasach, gdy Newton pełnił już obowiązki profesora. Rzutki, niepozbawiony pewnych zdolności, przechodził szybko naukowe stopnie uniwersyteckie i w dwudziestym roku życia był już magistrem sztuk. W tych właśnie czasach zawarł bliższą znajomość z Newtonem, którego zdołał nawet wciągnąć do próby utworzenia Towarzystwa Filozoficznego w Cambridge, próby, zakończonej całkowitem niepowodzeniem. Za panowania Karola II i Jakóba II Montague nie zajmował żadnego wybitnego stanowiska. Utrzymywał się głównie z pisania łatwych i mniej niż przeciętnych wierszy, cieszących się dużem uznaniem towarzystwa londyńskiego. Rewolucja 1689 r. wysunęła go na czołowe stanowisko w stronnictwie wigów i zapewniła mu w 1694 r. wysoki urząd kanclerza skarbu, w roku zaś 1695 przewodniczącego Królewskiego Towarzystwa. To zawrotne wyniesienie nie rozluźniło jego stosunków z Newtonem, którego losem zajął się gorliwie, twierdząc, że „nie należy pozwalać zagasnąć z powodu braku oliwy lampie, dającej tyle światła". Oliwą, która miała podtrzymać „światło" badań Newtona, było dobrze płatne stanowisko „strażnika" (warden), a następnie (w 1697 r.) kierownika (master) mennicy królewskiej, które raz na zawsze położyło kres twórczej pracy Newtona.

Stanowisko to w owym czasie nie było synekurą. Anglja przeżywała wtedy ciężki kryzys monetarny, pochodzący jeszcze z czasów Karola II i mający źródło w dwojakim rodzaju monet obiegowych. Jedne z nich — dawniejsze — były obrabiane ręcznie i nie miały żadnego napisu na brzegach; waga każdej sztuki nie była dokładnie oznaczona i wahała się w pewnych granicach, zależnie od zręczności rzemieślnika, który ją obrabiał. Te monety dawały łatwy zarobek spekulantom, obrzynającym ich krawędzie i puszczającym w obieg monety o mniejszej wadze. Doszło do tego, że sto funtów, mających ważyć czterysta uncyj, ważyło w Cambridge zazwyczaj dwieście trzy uncje, a w południowej Anglji jeszcze mniej. Ten stan rzeczy bardziej jeszcze dał się we znaki, gdy rozkazem królewskim rozpoczęto w młynie, na ten cel zbudowanym, odbijać monety o prawidłowym kształcie, oznaczonej wadze i napisie w otoku.

Ponieważ i dawne i nowe monety stanowiły prawny środek płatniczy, zła moneta zaczęła zgodnie z prawami ekonomji, znanemi już Kopernikowi, wypierać monetę dobrą, która przechowywana w skrytkach lub wywożona zagranicę, stopniowo znikała z rynku. Najbardziej cierpiał z tego powodu skarb państwa. Wypuszczając monetę dobrą, otrzymywał złą. I tym sposobem jego zapasy kruszcu ulegały stałemu zmniejszaniu. Montague za radą Locke'a postanowił dokonać radykalnej reformy, polegającej na wycofaniu oraz przetopieniu wszystkich starych monet. Tem, jak również urządzeniem nowych mennic zająć się miał Newton. Nie było to zadanie łatwe. Reforma

Montague'a nie przez wszystkich była życzliwie przyjęta. Przeciwko kierownictwu mennicy poczęto wysuwać rozmaite zarzuty, posuwano się nawet do wnoszonych pod obrady parlamentu oskarżeń o nadużycia. W samej mennicy musiał Newton walczyć z niechęcią niektórych urzędników, łagodzić spory między nimi i bezustannie sprawdzać ich pracę. Przez pewien czas (do 1698 r.) pomagał mu Halley, któremu serdeczna opieka Newtona zapewniła posadę w mennicy. Ta pomoc, a zwłaszcza poparcie potężnego wówczas Montague'a, mianowanego w 1698 r. pierwszym lordem skarbu, następnie jednym z regentów królestwa, a wreszcie obdarzonego tytułem lorda Halifaxa (1700 r.), umożliwiła Newtonowi opanowanie trudności, związanych z zajmowanem stanowiskiem. Zajęcia w mennicy nie zostawiały mu jednak ani chwili czasu na pracę naukową, którą całkowicie zaniedbał, uważając powierzone sobie zadanie za wielekroć ważniejsze. Na listy Flamsteeda, dotyczące rozpoczętych już prac, odpowiadał niechętnie. Oświadczał, że pracami naukowemi zajmować się teraz nie chce, aby go nie posądzono, że „trwoni na te rzeczy czas, który powinien poświęcić interesom króla". W 1701 r. zrzeka się ostatecznie katedry w Cambridge, na której już od 1699 r. zastępował go Whiston. Z uniwersytetem jednak zachowuje jeszcze pewną łączność w postaci mandatu do parlamentu, uzyskanego w 1701 r.

Dopiero po uporządkowaniu spraw mennicy powraca do nauki. Ale nie jest to już praca badawcza, lecz jedynie porządkowanie i systematyzowanie odkryć dawno dokonanych, praw dawno

sformułowanych, doświadczeń dawno poczynionych. Taki właśnie charakter posiada „Optyka" [1]), wydana po angielsku 1704 r., a następnie w przekładzie łacińskim w 1706 r. „Niniejsza rozprawa o świetle, pisał Newton w przedmowie do pierwszego wydania, była częściowo napisana w 1675 r. na życzenie pewnych członków T-wa Królewskiego, wtedy też wysłana została do sekretarza tegoż T-wa i odczytana na posiedzeniach; pozostałe części były dodane w jakieś dwanaście lat później dla uzupełnienia teorji" lub też „odtworzone ze zniszczonych papierów". Do tych prac późniejszych, wykonanych między 1687 r. a 1695 r., należą przedewszystkiem: objaśnienie barw tęczy i badania barw grubych płytek oraz infleksji (uginania się) światła. Tak można sądzić z porównania tekstu „Optyki" z rozprawą o rozszczepieniu światła w pryzmacie z 1672 r., o której Newton w przedmowie przez dziwne jakieś zapomnienie nie wspomina wcale, i z wymienioną przez niego rozprawą z r. 1675 [2]), bezpośrednich bowiem danych o badaniach optycznych Newtona w owym okresie czasu nie mamy zupełnie.

Podobnie jak „Zasady" w dziedzinie mechaniki, „Optyka" miała być nie prostem zestawieniem faktów, lecz próbą systematycznego wykładu, opartego tak jak i tamto dzieło, na niewzruszonych określeniach i pewnikach. Miała być ostatecznem

---

[1]) „Optics or a Treatise on the Reflexions, Refractions, Inflections and Colours of Light".

[2]) P. rozdział czwarty, str. 97 i nast. oraz str. 129 i nast.

podsumowaniem otrzymanych wyników, syntezą wszystkich badań poprzednich.

Newton zastrzega się wyraźnie przeciwko ogłaszaniu tych jego prac, które w „Optyce" nie zostały uwzględnione: są to prace albo niewykończone albo też napisane przed dokładnem ustaleniem praw załamania i powstawania barw. Już to samo, że Newton nie włączył ich do „Optyki", wskazuje, że nie odpowiadają one jego poglądom. „obecnie [bowiem] wydaję to, co uważam za nadające się do ogłoszenia". Ale nawet z tego materjału, jaki zawiera „Optyka", nie wszystko zmieściło się w ramach, zakreślonych przez autora. Niektóre z badań, bezpośrednio związanych z tematem dzieła, znalazły się poza jego częścią systematyczną, napisaną, zdaje się, znacznie wcześniej. Wstawienie ich do tekstu wymagało zmiany konstrukcji, wprowadzenia tu i owdzie pewnych poprawek, na co Newton zdobyć się już nie mógł. Zostały więc one wraz z rozważaniami, dotyczącemi istoty światła i jego roli w zjawiskach przyrody, przeniesione do ostatniej części „Optyki", którą Newton wzorem Arystotelesa nazwał „pytaniami" (quaestiones).

Ta część „Optyki", której opracowanie możemy uważać za ostateczne, stanowiąca mniej lub więcej wykład systematyczny, dzieli się na trzy nierównej wielkości księgi. Księga pierwsza — najobszerniejsza — treścią odpowiadająca pierwszej pracy Newtona (z 1672 r.) zawiera bardzo szczegółowe rozpatrzenie zjawisk załamania i rozszczepienia światła, opis teleskopu zwierciadłowego, teorję barw pryzmatycznych oraz próbę objaśnienia pew-

nych przypadków „trwałego zabarwienia ciał przyrody". W tej księdze znajdujemy również teorję tęczy, o której w pracach, ogłoszonych poprzednio, niema żadnej wzmianki.

Pierwszym, który zwrócił uwagę na związek między barwami tęczy a załamaniem i odbiciem światła w kroplach wody, był, zdaje się, Antonio de Dominis[1]); on również w pomysłowem doświadczeniu, w którem promień słoneczny padał na kulę szklaną, wypełnioną wodą, ustalił przybliżoną drogę tego promienia. Znacznie dalej badania te posunął w „Rozprawie o meteorach" (Traité des météores) Descartes, stwierdzając, że rozszczepienie światła w tęczy jest identyczne ze zjawiskiem, zachodzącem w pryzmacie o oznaczonym kącie łamiącym. Do tej teorji, która w głównych zarysach wiernie odtwarzała obserwowane zjawiska, Newton zastosował znalezione przez siebie prawa rozszczepienia i na tej drodze obliczył szerokość zarówno głównej tęczy (wewnętrznej), jak i ubocznej (zewnętrznej).

Dwie pierwsze i początek trzeciej części księgi drugiej są dosłownem powtórzeniem pracy 1675 r. Brak jedynie wstępu, którego teoretyczne wywody są zastąpione w „Optyce" przez nowe założenia, mające w odmienny nieco od poprzedniego sposób wyjaśnić zarówno barwy cienkich płytek, jak i barwę ciał. Newton zakłada, że „każdy promień, przechodząc przez powierzchnię łamiącą, nabywa pewnej własności lub skłonności (dispositio), która w dalszym biegu promienia powraca w równych

---

[1]) P. rozdział czwarty, str. 98.

odstępach i pozwala mu przy każdym powrocie łatwo przechodzić przez najbliższą powierzchnię łamiącą i między powrotami łatwo się odbijać". To założenie jest według niego bezpośrednim wnioskiem z doświadczeń, opisanych w pierwszej części tej księgi. „Jeden i ten sam rodzaj promieni, padający pod tym samym kątem na cienką przezroczystą płytkę, kolejno jest odbijany lub przepuszczany, w miarę jak grubość płytki wzrasta według postępu arytmetycznego liczb 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 i t. d. i to w ten sposób, że gdy pierwsze odbicie... zachodzi przy grubości 1, promienie są przepuszczane przy grubości 0, 2, 4, 6, 8, 10 i t. d." „To przemienne odbijanie i załamywanie zależy od obu powierzchni cienkich płytek, gdyż zależy od ich wzajemnej odległości... Gdy zwilżymy jedną lub drugą powierzchnię cienkiej płytki mikowej, barwy wzbudzone przez odbicie i załamanie będą słabe, odbicie więc i załamanie zależy od obu powierzchni". Przednia powierzchnia, załamując promień, nadaje mu pewną „skłonność", powracającą perjodycznie[1]), tylna odbija lub przepuszcza promień zależnie od tego, czy promień po przebyciu odstępu między płytkami posiada „skłonność" do odbicia się, czy też do przejścia przez powierzchnię. Newton powstrzymuje się od wyjaśnień, na czem „polega owo zachowanie się lub skłonność, czy na kołowym lub drgającym ruchu

---

[1]) W twierdzeniu XIII znajdujemy jednak inne założenie, a mianowicie, że światłu udziela tych „skłonności" już samo źródło światła; rola pierwszej płytki staje się wtedy dość niejasna.

promienia lub środowiska, czy też na czem innem". „Wystarcza mi poprostu, że znalazłem, iż promienie dzięki jakiejś przyczynie, jakąkolwiekby była, nabywają w licznych, zmiennych kolejnościach zdolności lub skłonności do odbijania się lub załamywania". Na podstawie takich rozważań czuje się on upoważnionym do następującego „określenia". „Periodycznie powracającą skłonność promienia do tego, aby był odbijany, nazywam przypadkiem łatwego odbicia (fit of easy reflexion), powtarzającą się skłonność do przechodzenia — przypadkiem łatwego przechodzenia (of easy transmission), a przestrzeń między każdym nawrotem i bezpośrednio po nim następującym — odstępem przypadków". Dalszemu rozwinięciu tych założeń poświęca siedem końcowych ustępów części trzeciej.

Część czwarta daje zestawienie wspomnianych już wyżej doświadczeń z płytkami, grubszemi od używanych w doświadczeniach poprzednich. Do barw powstających, jak o tem dziś wiemy, z interferencji promieni odbitych od przedniej i tylnej ściany płytki, Newton stosuje swą teorję przypadków łatwego odbicia i przechodzenia i bez trudu je wyjaśnia. Próbuje też zastosować ją do objaśnienia barwnych pierścieni, powstających niekiedy dookoła słońca i księżyca; ta jednak próba, w której zjawiska uginania i załamania światła usiłuje wyjaśnić na przykładzie barw, powstających na płytkach, nie doprowadza go do żadnych określonych wniosków[1]).

---

[1]) W tym właśnie ustępie znajduje się wzmianka o wspomnianych wyżej (p. str. 35) obserwacjach z czerwca 1692 r.

Podobnie żadnych wniosków nie udaje mu się wyprowadzić z wykonanych z właściwą mu dokładnością pomiarów szerokości pasów barwnych, wywołanych przez uginanie się światła. Opis tych pomiarów stanowi treść księgi trzeciej, najkrótszej ze wszystkich. Miały one stanowić etap przygotowawczy do dalszych badań o jeszcze większej dokładności, któreby pozwoliły wyjaśnić uginanie się promieni przy przechodzeniu około ciał. Taki był zamiar Newtona, gdy przystępował do tych badań. „Ale wtedy przeszkodzono mi w nich i teraz nie mogę o tem myśleć, aby podjąć [je] na nowo..."

Na tem stwierdzeniu kończy się systematyczna część „Optyki". Dalej następują „pytania". Zadanie więc, postawione w początkowych wierszach księgi pierwszej: „podać własności światła i potwierdzić je rachunkiem i doświadczeniem", zostało spełnione w sposób niedoskonały. Nie udało się również uniknąć „wyjaśnienia własności światła przez hipotezy", przeciwko którym Newton na wstępie wyraźnie się zastrzegał. W takiej bowiem dziedzinie, jak optyka, gdzie dane doświadczalne były naogół skąpe i gdzie co chwila badacz napotykał nowe fakty, często przez niego nieprzewidywane, można było uniknąć „hipotez" tylko wtedy, gdy się poprzestawało na prostem zestawieniu wyników doświadczeń. Każda próba uogólnienia mogła być przy ówczesnym stanie wiedzy albo próbą częściową tak, jak u Huygensa, który milczeniem pomijał teorję barw i w paru zaledwie słowach omawiał prostolinjowe rozchodzenie się światła, albo też próbą dostosowania

faktów do teorji, a więc wręcz przeciwną metodzie, na której Newton oparł „Zasady".

Ta niemożność ujęcia zjawisk optycznych w ramy podobne do tych, jakiemi zostały objęte w „Zasadach" zjawiska mechaniczne, ujawnia się nawet w szczegółach zewnętrznych. Pierwsza księga układem całkowicie przypomina „Zasady" i tak jak one rozpoczyna się od „określeń i pewników", a w dalszych ustępach dzieli się na twierdzenia i zagadnienia. Ale taki układ posiada tylko ta jedna księga; jest on bowiem możliwy dopóty, dopóki mamy do czynienia ze zjawiskami załamania, wtedy już dobrze i gruntownie znanemi. W księdze drugiej twierdzenia stają się coraz rzadsze i wreszcie zupełnie znikają. Treścią „Optyki" stają się „obserwacje", a raczej doświadczenia, które są jedynie materjałem, coprawda pierwszorzędnym, do syntezy, w owym czasie niemożliwej do osiągnięcia.

Podobnie rzecz się ma, gdy chodzi o wyjaśnienie istoty światła. Zaraz pierwsze określenie, że „przez promienie świetlne rozumiem najmniejsze cząstki światła zarówno te, które [znajdują się] jedna za drugą na tych samych linjach, jak i te, które jednocześnie znajdują się na linjach różnych", jest właściwie założeniem, którego w żaden sposób nie można uważać za prosty wniosek z bezpośredniej obserwacji. Ono też, wzięte za bezsporny punkt wyjścia, doprowadza Newtona do „określenia" przypadków łatwego odbicia i załamania, które niewątpliwie stanowi krok wstecz w porównaniu z objaśnieniem Hooke'a. Newton pomija całkowicie promienie odbite od przedniej

powierzchni płytki, jakkolwiek codzienne doświadczenie stwierdza, że każda powierzchnia nawet najprzezrcczystszego ciała odbija pewną część światła. O tych promieniach Newton w swem objaśnieniu nic nie mówi: całe zjawisko jest według niego uwarunkowane zmianami, jakich doznaje jeden tylko promień — ten, który dochodzi do tylnej powierzchni.

Ta więc systematyczna część „Optyki" niczem w gruncie rzeczy nie uzupełniała poprzednich prac Newtona, można nawet powiedzieć, że przez wyraźniejsze podkreślenie słabych stron hipotezy materjalności światła stała od nich niżej. Taki jednak sąd dotyczyć może tej tylko części. Istotne znaczenie „Optyki" ujawnia się dopiero w „pytaniach". Dopiero one dają pojęcie o rozległości widnokręgów, obejmowanych przez Newtona, o głębi jego rozważań, o genjalnej przenikliwości w roztrząsaniu i stawianiu zagadnień; one dopiero stawiają „Optykę" w rzędzie nielicznych ksiąg, pisanych przez genjuszów.

W czterech pierwszych pytaniach, stanowiących jakby uzupełnienie księgi trzeciej, Newton rozważa różne możliwe objaśnienia zjawisk, zachodzących przy uginaniu. A więc przedewszystkiem, czy uginanie się światła nie jest wywołane przez siłę, z jaką ciała działają na światło, i czy w takim razie „działanie to nie jest najsilniejsze w najmniejszych odległościach". Czy zabarwienie prążków dyfrakcyjnych nie jest wywołane niejednakowem uginaniem promieni różnej łamliwości; czy też może barwy powstają wskutek tego, że promienie „przy przechodzeniu około brzegów i kra-

wędzi w węgorzowatym ruchu uginane są wielokrotnie w tę lub inną stronę", tak że opisane przez niego w trzeciej księdze trzy pasy barwne „powstają z trzech takich ugięć". Czy wreszcie nie należy przypuszczać, że promienie świetlne są uginane zawsze przy zbliżeniu się do powierzchni ciała nawet wtedy, gdy później będą przez to ciało odbite lub też przez nie załamane, czy więc nie wynika stąd, że „odbicie, załamanie i uginanie zachodzą pod działaniem tej samej siły, która w różnych warunkach różnie się ujawnia".

Te pytania, na które odpowiedź dał już Newton w końcowych ustępach I-ej księgi „Zasad", są tym razem pozostawione bez wyjaśnienia, stanowią one wstęp do pytań następnych, omawiających wnioski, jakie mogą wypływać z tych założeń. Pierwszym, wiążącym się z trzecim pewnikiem ruchu, będzie wzajemność działań między światłem a ciałem świecącem lub oświetlonem. Taka wzajemność zachodzi, „gdy ciała wysyłają światło, odbijają je, załamują i uginają, światło zaś... ogrzewa je i wprawia ich cząstki w ten ruch drgający, na którym polega ciepło" (pytanie 5). Stądby wynikało, że łatwiejsze ogrzewanie się ciał czarnych jest tem spowodowane, że światło wcale od nich się nie odbija, lecz wchodzi do ich wnętrza, gdzie po wielokrotnych odbiciach gaśnie (pytanie 6). Podobnie, być może, większa palność ciał „siarkowych" związana jest z silniejszem załamywaniem światła przez te ciała (pytanie 7)[1]. Jeżeli tak, to i od-

[1]) To samo zagadnienie omówione jest obszerniej w systematycznej części „Optyki" (ks. II, cz. III, tw. X).

wrotnie, wzmożony ruch drgający cząstek ciała sprawia, że staje się ono źródłem światła. Newton nie wyjaśnia, w jaki sposób może zachodzić to wzbudzanie światła, i poprzestaje na przytoczeniu szeregu przykładów, wskazujących, że ciała świecą na skutek „ogrzania lub tarcia, uderzenia lub gnicia albo ruchów życiowych albo wskutek jakiejkolwiek przyczyny". „Tak np. woda morska podczas szalejącej burzy, rtęć wstrząsana w próżni, grzbiet kota lub szyja konia, gdy się je w ciemności gładzi albo pociera; drzewo, mięso i ryby podczas gnicia, wyziewy, powstające ze zgniłej wody, nazywane zazwyczaj błędnemi ognikami... robaczki świętojańskie... zwykły fosfor przez pocieranie o jakiekolwiek ciało lub pobudzany przez kwaśne składniki powietrza, bursztyn i niektóre diamenty przez uderzanie, ściskanie lub tarcie... żelazo, które przez szybkie kucie staje się tak gorące, że siarka na nie rzucona zapala się... pewne ciecze, których cząstki przy mieszaniu ich zderzają się gwałtownie". Do tych przykładów Newton w wydaniu drugiem „Optyki" (z 1717 r.)

„...Wszystkie ciała posiadają, zdaje się, siłę łamiącą, proporcjonalną (lub prawie proporcjonalną) do swej gęstości, o ile nie zawierają mniej lub więcej siarkowych cząstek olejowatych, co siłę ich łamiącą zmniejsza lub powiększa. Stąd wydaje się rzeczą słuszną przypisać siłę łamiącą wszystkich ciał głównie, jeżeli nie wyłącznie, ich cząstkom siarkowym... I tak jak światło, skupione przez szkło palące, najsilniej działa na ciała siarkowe...; podobnie, a to z uwagi, że wszystkie działania są wzajemne, ciała siarkowe muszą najsilniej działać na światło". Do rzędu takich ciał zalicza Newton i diament, który jest według niego „zakrzepłą (coagulated) tłuszczową substancją".

dołączy jeszcze jeden, zaczerpnięty z doświadczeń Hawksbee'go, ogłoszonych w 1701 r. „Podobnie kula szklana,... szybko obracana około osi, staje się świecącą w tem miejscu, gdzie pociera ją powierzchnia ręki, i gdy jednocześnie umieścimy w odległości $^1/_4$ lub $^1/_2$ cala od najszybciej obracającej się części kuli kawałek białego papieru... lub palec, do tego papieru... lub do palca przeskoczy wzbudzony przez pocierającą rękę wyziew elektryczny i tak będzie wzbudzony, że wysyłać będzie światło... i czasami tak silnie uderzy w palec, że się to poczuje" (pytanie 8).

„Czy więc ogień nie jest ciałem, które jest tak silnie ogrzane, że wysyła światło?" Przecież palący się węgiel nie jest niczem innem jak rozżarzonem do czerwoności drzewem (pytanie 9). Płomień przeto jest, być może, „wyziewem, dymem lub wypływem, który tak jest ogrzany do czerwoności, że staje się świecącym". Ciała bowiem nie palą się płomieniem wtedy, gdy nie wysyłają dymu, i ten właśnie dym pali się w płomieniu. Jeżeli jakieś ciało świeci się bez ogrzania, jak np. błędny ogień, to „czyż różnica między tym wyziewem a płomieniem nie jest taka sama, jak między gnijącem drzewem... a rozżarzonym węglem?" Rodzaj dymu warunkuje barwę płomienia: niebieską siarki, białą kamfory, żółtą łoju. „Gdy dym przechodzi przez płomień, musi stać się rozżarzonym do czerwoności, rozżarzony zaś do czerwoności dym nie może wyglądać inaczej niż płomień" (pytanie 10).

Ten związek między dymem a płomieniem pozwoli, być może, wyjaśnić przyczynę wielkiego „ogrzania" słońca i gwiazd stałych. „Wielki cię-

żar i gęstość spoczywającej na nich atmosfery... ciśnie na [te ciała] potężnie i zgęszcza zpowrotem unoszące się z nich wyziewy". Byłoby to zjawisko analogiczne do tego, jakie zachodzi przy gotowaniu się wody. „Gdy wodę ogrzewamy w przezroczystem, pozbawionem powietrza naczyniu, gotuje się ona w próżni równie silnie, jak wtedy, gdy gotujemy ją na wolnem powietrzu przy gorącu o wiele silniejszem w naczyniu, postawionem na ogniu. Ciśnienie bowiem spoczywającej na niej atmosfery trzyma parę na dole i tak długo nie pozwala wodzie się gotować, aż nie stanie się o wiele gorętsza, niż to jest konieczne do zagotowania wody w przestrzeni pozbawionej powietrza". Tak samo wielki ciężar atmosfery słonecznej przeszkadza znajdującym się na słońcu ciałom uchodzić w postaci pary i dymu i zgęszcza na nowo „pary i promieniowania", które wobec tego natychmiast wracają do słońca (pytanie 11). Tych zagadnień Newton dalej nie rozpatruje i w następnych pytaniach już ich nie porusza, do tego bowiem, co o nich powiedział, nie mógłby wiele dodać ani on ani tem mniej którykolwiek z fizyków ówczesnych. Dziedzina tych zjawisk stanowiła podówczas terram ignotam — ziemię nieznaną — fizyki, tem bardziej przeto należy podziwiać, jak Newton potrafił do tego chaosu doświadczeń i spostrzeżeń wprowadzić pewien ład i jak niekiedy zdołał głęboko ująć cechy zasadnicze zjawisk świetlnych.

Treść pięciu pytań następnych pozornie odbiega od poprzednich i dalszych pytań; w rzeczywistości jednak i one są jednem z ogniw długiego łańcucha przykładów, na których Newton oprze swe rozwa-

żania ogólne. Nad zagadnieniami, w nich poruszonemi, Newton pracował, zdaje się, w 1682 r. i to, co podał w pytaniach, jest zaledwie skrótem twierdzeń i uwag, zawartych w notatkach, nigdy za życia Newtona nie ogłoszonych drukiem, oraz w listach pisanych do dr. Williama Briggsa, który również badał te zagadnienia. Dotyczyły one budowy oka, wrażeń świetlnych i zmian zachodzących w nerwach ocznych pod działaniem światła. Newton zadaje sobie pytanie, czy „promienie świetlne, padające na dno oka, nie wzbudzają w siatkówce drgań, które wzdłuż stałych wiązek nerwów ocznych dochodzą do mózgu i tam wywołują wrażenie widzenia" (pytanie 12). A dalej, czy różne rodzaje promieni świetlnych nie wzbudzają drgań o różnej „wielkości", tak np. że „najłamliwsze promienie [wzbudzają] najkrótsze drgania i tym sposobem wywołują wrażenie ciemnego fioletu, najmniej zaś łamliwe — największe drgania, aby sprawić wrażenie mocnej czerwieni" (pytanie 13). Wtedy harmonja barw byłaby uwarunkowana przez stosunek drgań, dochodzących do mózgu, podobnie jak „harmonja i przeciwstawność tonów zależą od stosunku drgań powietrza. Pewne bowiem barwy, gdy na nie patrzymy jednocześnie, dobrze sobie odpowiadają, jak np. złocista i indygo, inne zaś źle zgadzają się ze sobą" (pytanie 14). Za takiem objaśnieniem przemawiałaby długotrwałość wrażeń świetlnych, którą Newton omawia w pytaniu 16-em, po krótkiem rozpatrzeniu w pytaniu 15-em teorji widzenia obydwoma oczami, teorji, będącej pewnem uzupełnieniem analogicznych wywodów kartezjanisty Rohaulta w jego „Traité de physique". Newton

zwraca uwagę, że gdy rozżarzonym węglem szybko opisujemy koło, „cały obwód wydaje się ognistem kołem"; czy nie należy przeto szukać przyczyny tego zjawiska w tem, że „wzbudzone przez światło na dnie oka ruchy trwają tak długo, aż węgiel wróci na swe poprzednie miejsce w kole? Czy więc te... wzbudzone przez światło ruchy nie muszą mieć, gdy się uwzględni ich trwanie, cech drgań?"

Powstawanie ich można objaśnić w sposób, użyty przez Newtona w odpowiedzi Hooke'owi w 1675 r.[1]). „Gdy rzucimy kamień do spokojnej wody, przez pewien czas podnoszą się fale w tem miejscu, w którem wpadł on do wody, i spółśrodkowemi kołami rozchodzą się stamtąd po powierzchni wody aż do wielkich odległości. Czyż nie w podobny sposób promień światła, padający na powierzchnię przezroczystego ciała i tam odbity lub załamany, wzbudza w punkcie padania fale drgań... w łamiącem lub odbijającem środowisku, [i fale te] zaczynają się tam podnosić i stąd, dopóki będą trwały, rozszerzać się...? Czy więc te drgania nie rozchodzą się na wielkie odległości i nie dosięgają i nie wyprzedzają kolejno promieni świetlnych i nie wytwarzają przez to przypadków łatwego odbicia lub łatwego przechodzenia, które opisaliśmy wyżej? Jeżeli bowiem najgęstsze części drgań dążą do cofnięcia promieni, promienie mogą być przez wyprzedzające je drgania kolejno przyspieszane lub opóźniane" (Pytanie 17)[2]).

---

[1]) P. rozdział czwarty.

[2]) Pytań od 17 do 24 (włącznie) niema w pierwszem wydaniu „Optyki"; zjawiają się one dopiero w wydaniu drugiem.

Wtedy jednak zjawia się konieczność założenia, że istnieje środowisko „o wiele rzadsze od powietrza". Za takiem założeniem przemawiałoby doświadczenie następujące. „Gdy w dwu... długich i szerokich szklanych naczyniach cylindrycznych tak zawiesimy dwa małe termometry, aby nie dotykały naczyń, i z jednego naczynia wypompujemy powietrze i gdy następnie przeniesiemy w ten sposób przygotowane naczynia z zimnego miejsca do ciepłego, to termometr zawieszony w próżni ogrzeje się równie silnie i równie prędko, jak [termometr] w nieopróżnionem szkle, a gdy naczynia odniesiemy zpowrotem do zimnego miejsca, tamten będzie równie prędko zimny, jak i drugi". Czy więc nie można przypuścić, że „gorąco" przechodzi przez próżnię za pośrednictwem drgań środowiska, wypełniającego naczynie nawet po wypompowaniu powietrza? Ale wtedy najprościej będzie przyjąć, że i w jednym i w drugim przypadku mamy do czynienia z tem samem środowiskiem. Ono właśnie warunkuje odbijanie się i załamanie światła; jego drgania, wzbudzone przez światło, ogrzewają ciała, powodują „przypadki łatwego odbicia i przechodzenia" i, jak wskazują wyżej opisane doświadczenia z termometrami, sprawiają, przechodząc od jednego ciała do drugiego, że „ciała udzielają swego ciepła innym sąsiednim ciałom zimnym". To środowisko przenika prawdopodobnie wszystkie ciała i na skutek swej sprężystości rozchodzi się po całym wszechświecie (pytanie 18). Załamanie więc światła byłoby spowodowane różną gęstością „tego eterycznego środowiska" w ciałach i poza niemi.

Należałoby sądzić, że gęstość ta jest większa „w przestrzeniach otwartych i swobodnych, pozbawionych powietrza i gęstszych ciał", mniejsza zaś „w porach wody, szkła, kryształu, szlachetnych kamieni i innych ciał stałych" (pytanie 19). Można przypuścić, że gęstość ta wzrasta w pobliżu ciał stopniowo; uginanie się promieni, przechodzących w pewnej odległości od brzegów ciał, miałoby swe źródło w tem stopniowem zgęszczaniu się eteru (pytanie 20). Takie jednak wzrastanie gęstości mogłoby, jak to wykazuje Newton w ustępie wyżej przez nas przytoczonym[1]), objaśnić zjawiska przyciągania się ciał niebieskich. Podobne, ale wielekroć silniejsze działanie wywierałby ten „czynnik" na promienie świetlne. „Jak przyciąganie w małych magnesach jest w stosunku do ich mas o wiele silniejsze, niż w dużych, i grawitacja na powierzchni małych planet jest w stosunku do ich mas silniejsza niż na planetach wielkich, i jak małe ciała bardziej są na skutek elektrycznego przyciągania poruszane niż duże, tak samo małość promieni świetlnych[2]) wiele się do tego przyczynia, że siła czynnika, dzięki któremu są one załamywane, jest o wiele większa". Środowisko to można, „jeżeli kto chce", wyobrazić sobie, jako złożone z takich cząstek jak powietrze, ale o wiele mniejszych. Zresztą, dodaje Newton, „co to jest eter, nie wiem" (pytanie 21). W takiem środowisku ruch planet i komet doznawałby znacznie mniejszego oporu, niż w „jakiejkolwiek cieczy,

---

[1]) P. rozdział ósmy, str. 24.

[2]) Właściwie „ciałek świetlnych".

która równomiernie wypełnia całą przestrzeń, nie zostawiając luk, i jest wobec tego o wiele gęstsza od rtęci i złota". Tak np. gdybyśmy założyli, że gęstość eteru jest 700 000 razy mniejsza od gęstości powietrza, to moglibyśmy udowodnić, że opór takiego środowiska nie wywołałby w przeciągu dziesięciu tysięcy lat żadnej znaczniejszej zmiany w ruchu planet. Założenie takie nie zawiera nic nieprawdopodobnego. „...Potarte ciało elektryczne wydziela z siebie tak rzadkie i drobne wyziewy, że ich wysyłanie nie powoduje żadnego dostrzegalnego ubytku na wadze, a są one jednak tak silne, że rozchodzą się w przestrzeni o dwu stopach średnicy i w odległości jednej stopy od ciała elektrycznego wprawiają w ruch listki miedziane i złote i mogą je unosić. A jak muszą być rzadkie i drobne wypływy magnetyczne, aby bez oporu i straty na sile przejść przez płytę szklaną i móc jeszcze po drugiej stronie szkła wprawić w ruch igłę magnetyczną" (pytanie 22). I Newton, jakby nawiązując do dawniej wygłoszonych poglądów[1]), zapytuje, czy widzenie nie polega w istocie rzeczy na drganiach tego środowiska, tak jak słyszenie na drganiach „tego samego czy innego środowiska", wzbudzonego w nerwach — w pierwszym przypadku przez światło, w drugim przez drgania powietrza, i czy tak nie jest ze wszystkiemi zmysłami? (pytanie 23). I czy wreszcie „ruch zwierząt nie jest przez to wywołany, że siła woli wzbudza drgania tego środowiska w mózgu" i że drgania te „rozchodzą się

---

[1]) P. rozdział czwarty, str. 132.

poprzez stałe, przezroczyste i jednorodne wiązki nerwowe aż do muskułów, aby je ściągać lub rozciągać" (pytanie 24).

Na tem chwilowo urywa swoje wywody Newton. W imponującej syntezie, którą mimo ostrożnej formy pytań możemy uważać za wyraz istotnych poglądów Newtona, brak mu jeszcze paru argumentów do ostatecznego obalenia teorji przestrzeni pełnej, a z nią i teorji falowej Huygensa i Hooke'a. Jeden z takich argumentów znajdzie w odkryciu Huygensa — w podwójnem załamaniu światła. Będzie to argument wielkiej wagi, z którym mechaniczna teorja światła, dźwignięta genjuszem Fresnela (1788 - 1827], nigdy całkowicie się nie upora.

Zjawisko podwójnego załamania, zauważone po raz pierwszy przez Erazma Bartholinusa (1671 r.), zbadane zaś i szczegółowo opisane przez Huygensa w „Traité de la lumière", można stwierdzić najłatwiej w przypadku „kryształu islandzkiego". Jest to „przezroczysty łupliwy kamień, jasny i bezbarwny jak woda lub kryształ górski, ...znajduje się go w postaci skośnych równoległościanów... łupie się łatwo wzdłuż płaszczyzn równoległych do ścian bocznych, ale nie w innych kierunkach; płaszczyzny łupliwości są gładkie i błyszczące, z małemi jednak nierównościami". „Gdy się kryształ taki położy na książce, to każda litera, widziana poprzez [kryształ] wyda się na skutek podwójnego załamania podwójną; i gdy promień światła pada prostopadle lub ukośnie na jakąkolwiek płaszczyznę tego kryształu, dzieli się on wskutek podwójnego załamania na dwa promienie, które po-

siadają tę samą barwę, co światło padające, natężenia zaś światła wydają się równe lub prawie równe. Jedno z tych załamań zachodzi według zwykłych praw optyki... drugie, które powinno być nazywane niezwykłem, podlega następującemu prawidłu". To prawidło, które Newton podaje w kilkunastu następnych wierszach i uzupełnia rysunkiem, przedstawiającym bieg promienia nadzwyczajnego, jest całkowicie błędne. Błąd ten musi się wydać tem dziwniejszy, że Newton znał już podówczas pracę Huygensa, zawierającą dokładny sposób wykreślenia promienia nadzwyczajnego, i że konstrukcja newtonowska, jak tego dowiódł dokładnemi pomiarami znakomity mineralog ksiądz Haüy (1743 - 1822), w znacznym stopniu odbiegała od wyników doświadczenia. Jedynem objaśnieniem może być chyba tylko to, że Newtonowi wcale nie chodziło o szczegóły zjawiska, lecz o wnioski, jakie stąd można było wyprowadzić co do własności światła. Zaraz bowiem po przytoczeniu swego prawidła i zaznaczeniu, że kryształ górski również powoduje podwójne załamanie, mniej jednak wyraźne, niż szpat islandzki, przechodzi do rozważań, mających większe widać dla niego znaczenie. „Gdy promień padający rozdzieli się na obydwa promienie ...i [promienie] te upadną na tylną ścianę kryształu, promień, zwyczajnie załamany na pierwszej płaszczyźnie, załamie się i na drugiej płaszczyźnie według zwykłych prawideł, promień... załamany niezwykle na pierwszej płaszczyźnie, załamie się również niezwykle na drugiej płaszczyźnie, tak że obydwa promienie wyjdą z tylnej płaszczyzny w kierunkach, równoległych do

promienia padającego..."[1]). Zjawisko nie ulegnie żadnej zmianie, gdy za pierwszym kryształem ustawimy drugi tak, aby „odpowiadające sobie płaszczyzny były równoległe". Newton widzi w tem dowód, że różnica w załamaniach obydwu promieni nie powstaje na skutek zmian, zachodzących w promieniu przy załamaniu, lecz jest związana z istnieniem „początkowej różnorodności promieni świetlnych", która sprawia, że „pewne promienie stale się załamują w sposób zwykły, inne zawsze w sposób niezwykły" (pytanie 25). „Różnorodność promieni" wyraźniej występuje w doświadczeniu następnem. „Gdy płaszczyzny prostopadłego załamania drugiego kryształu tworzą kąt prosty z takiemi samemi płaszczyznami pierwszego kryształu, promienie, załamane zwyczajnie w pierwszym krysztale, załamują się przy przejściu przez drugi kryształ nadzwyczajnie, promienie zaś, przechodzące z nadzwyczajnem załamaniem przez kryształ pierwszy, w drugim krysztale załamują się zwyczajnie". Wobec tego musimy przyjąć, że różnorodność promieni nie na tem polega, że istnieją dwa rodzaje promieni, z których jeden zawsze jest zwyczajnym, drugi — nadzwyczajnym, gdyż toby przeczyło dopiero co opisanemu doświadczeniu, lecz na różnem „położeniu promieni względem płaszczyzn prostopadłego załamania, gdyż ten sam promień zależnie od swego położenia względem płaszczyzn kryształu załamuje się to w sposób zwyczajny, to znów nadzwyczajny. Gdy boki promienia zajmują to samo

---

[1]) Mowa tu jest o promieniu, padającym prostopadle do przedniej płaszczyzny kryształu.

położenie względem obydwu kryształów, załamuje się on w obydwu tak samo, gdy jednak bok promienia, zwrócony ku stronie niezwykłego załamania w pierwszym krysztale, utworzy kąt 90° z bokiem, zwróconym ku takiej samej stronie drugiego kryształu (co łatwo osiągnąć, obracając drugi kryształ względem pierwszego i co za tem idzie względem promieni świetlnych), to załamania... w obydwu kryształach zajdą w odmienny sposób". Istnieje więc pewna symetrja w promieniu świetlnym, która nas zmusza do rozróżniania „w każdym promieniu świetlnym czterech boków lub czterech ćwierci, z których dwie przeciwległe nadają promieniowi zdolność niezwykłego załamania, dwie inne w tem samem położeniu pozwalają na załamanie zwykłe". Ta biegunowość, którą w 1809 r. Stefan Ludwik Malus (1775—1812) weźmie za źródłosłów nowego wyrazu na oznaczanie tego rodzaju zjawisk, nazywanych od tego czasu zjawiskami polaryzacji światła, jest według Newtona zasadniczą „skłonnością" (dispositio) każdego promienia świetlnego (pytanie 26). Daje ona istotnie głębokie uzasadnienie zjawiska, o którem Huygens pisał, że niczego nie znalazł dotychczas, coby je mogło wystarczająco objaśnić, co więcej, jest ona potężnym dowodem przeciwko huygensowskiej teorji fal podłużnych, w których taka symetrja jest nie do pomyślenia.

Jeżeli jednak i w tym przypadku, jak i w poprzednich, zjawiska świetlne są wywołane nie przez zmiany, jakich światło doznaje w danem ciele, lecz przez „początkowe i niezmienne własności promieni", to czy nie należy odrzucić tych wszystkich hipotez, które tym właśnie zmianom przypi-

sują znaczenie decydujące? (pytanie 27). Czy więc hipotez, sprowadzających światło do ciśnienia lub ruchu w jakiemś ciągłem środowisku, nie należy uznać za fałszywe? „Gdyby światło polegało jedynie na ciśnieniu..., nie mogłoby przez pobudzanie [cząstek] ogrzewać ciał, które je odbijają lub załamują. Gdyby było ruchem, rozchodzącym się w mgnieniu oka na dowolną odległość, to w każdem mgnieniu oka byłaby w każdej świecącej cząstce potrzebna nieskończenie wielka siła dla wzbudzenia tego ruchu". I w jednym i drugim przypadku światło mogłoby omijać przeszkody i zaginać się do cieniów, gdyż ani ciśnienie ani ruch nie rozchodzi się w płynie wzdłuż linij prostych, jak tego dowodzi choćby rozchodzenie się w wodzie ciśnienia, wywołanego przez ciężar, uginanie się fal wodnych, rozchodzenie się dźwięku wzdłuż linij krzywych. Nic podobnego nie zachodzi ze światłem. Gwiazdy stałe są zakrywane przez planety, podobnie jak te miejsca „tarczy słonecznej, przed któremi przechodzą księżyc, Merkury lub Wenus. Promienie świetlne, przechodzące bardzo blisko krawędzi ciał, są coprawda nieco uginane wskutek działania ciała..., ale to uginanie nie zachodzi w stronę cienia, lecz od cienia[1]) i tylko wtedy, gdy [promienie] przechodzą w bezpośredniej bliskości ciała; i jak tylko promień ominie ciało, porusza się dalej wzdłuż linij prostych".

---

[1]) Nie godzi się to z doświadczeniami Grimaldiego, który w silnem słońcu widział prążki dyfrakcyjne wewnątrz cienia (rozdział czwarty), nie godzi się również z przytoczonym wyżej (p. rozdział siódmy, str. 90) ustępem z „Zasad".

Te hipotezy nie nadają się oczywiście i do wyjaśnienia zjawisk podwójnego załamania. Jeszcze gdy chodzi o jeden kryształ, możnaby powołać się na hipotezę Huygensa, który zakładał, że wewnątrz kryształu znajdują się dwa różne środowiska drgające, jeżeli jednak chodzi o doświadczenie, opisane w pytaniu 26, to nawet Huygens musiał uznać swoją bezsilność. „Ciśnienie bowiem lub ruch, rozchodzące się ze świecącego ciała w jednorodnem środowisku, muszą we wszystkich kierunkach rozchodzić się w ten sam sposób; tymczasem z podanego doświadczenia wynika, że promienie świetlne w różnych kierunkach posiadają różne własności". Równie trudno byłoby, według Newtona, objaśnić przy takich założeniach przypadki łatwego odbicia i łatwego przechodzenia, a wreszcie prawidłowość ruchu ciał niebieskich. „Przeciwko wypełnieniu nieba płynnem środowiskiem... przemawia bardzo silnie prawidłowy i trwały ruch planet i komet na wszystkich możliwych drogach niebieskich, z którego jasno wynika, że przestrzenie niebieskie są wolne od dostrzegalnego oporu, a więc i od jakiejkolwiek dostrzegalnej materji". Opór bowiem każdego płynu składa się, jak to już Newton obszernie wyłożył w „Zasadach"[1]), z oporu, spowodowanego przez tarcie cząstek środowiska, i z oporu, mającego źródło w bezwładności materji. Pierwsza część oporu zależy od wielkości cząstek materjalnych, od ich „gładkości i śliskości", druga od gęstości. Środowisko więc, nie stawiające oporu, nietylko musi się składać z drobnych i „gładkich"

[1]) P. rozdział siódmy, str. 92.

cząstek, lecz również musi posiadać bardzo małą gęstość; otóż temu ostatniemu warunkowi nigdy środowisko ciągłe odpowiadać nie może[1]. „Aby więc objaśnić trwały i prawidłowy ruch planet i komet, musimy przyjąć, że przestrzeń niebieska nie zawiera żadnej materji". Nie znaczy to jednak, aby była bezwzględną próżnią: może ona zawierać „pewne niezwykle rzadkie pary, wyziewy i wypływy, unoszące się z atmosfer ziemi, planet i komet, oraz tak niezwykle rzadkie środowisko eteryczne, jak to pisaliśmy wyżej"[2].

„Gdy więc taki płyn jest bezużyteczny i przeszkadza zabiegom przyrody oraz je osłabia, niema żadnej podstawy jego istnienia, musi być przeto odrzucony". Za odrzuceniem przemawia również powaga „najdawniejszych i najsławniejszych filozofów Grecji i Fenicji, którzy za podwaliny swej filozofji brali próżną przestrzeń, atomy i ciężar atomów, siłę zaś ciężkości przypisywali milcząco innej, różnej od gęstej materji, przyczynie[3]. Późniejsi filozofowie usunęli z filozofji przyrody rozważania, dotyczące takiej przyczyny, wymyślali hipotezy, mające wszystko objaśnić mechanicznie, wszystkie zaś inne przyczyny odsuwali do metafizyki, podczas gdy głównem zadaniem filozofji przyrody jest wysnuwanie ze zjawisk wniosków bez żadnej hipotezy i wyprowadzanie przyczyn z ich działań, dopóki nie osiągniemy pierwszej prawdziwej przyczyny,

[1] Por. pytanie 22.
[2] Pytanie 19, 20, 21, 22.
[3] Newton ma tu na myśli Demokryta, a zwłaszcza Epikura i Lukrecjusza.

która na pewno wcale nie jest mechaniczną..."[1]) Tą bowiem przyczyną pierwszą jest Bóg. „I gdyby nawet nie każdy prawidłowy krok, uczyniony w tej filozofji, prowadził nas bezpośrednio do poznania pierwszej przyczyny, to jednak przybliża on nas do tego poznania, i dlatego należy wysoko go cenić" (pytanie 28).

Ale czy z tego stwierdzonego fałszu hipotez „mechanicznych" nie wynika, że „promienie świetlne składają się z małych ciałek, wysyłanych przez świecące substancje"? Wtedy fakt prostolinjowego rozchodzenia się światła, tak trudny do objaśnienia w przypadku hipotez poprzednich, staje się jeszcze jednem potwierdzeniem zasady bezwładności: na ciałka świetlne, poruszające się w próżni, nie działa żadna siła, wobec czego poruszają się one prostolinjowo i jednostajnie. Zmiana w ich ruchu zajść może dopiero pod działaniem sił, wywieranych przez ciała, na które padają lub wpobliżu których przechodzą. Wtedy zajść mogą przypadki odbicia, załamania lub uginania promieni, którym towarzyszy zmiana kierunku, a niekiedy i prędkości ruchu. Są to zresztą jedyne skutki działania ciał na światło; właściwości jego istotnych zmienić ciała nie mogą. Przeciwdziałanie światła, które zgodnie z trzecim pewnikiem ruchu musi być równe działaniu ciał na światło, ujawni się w ogrzewaniu ciał oświetlonych[2]). Te założenia pozwolą wyjaśnić różne przypadki odbicia i załamania, a nawet, jak tego do-

[1]) Tu właśnie znajduje się ustęp, przytoczony w rozdziale ósmym, str. 27.

[2]) P. pytanie 5.

wodzi rachunek, podany w „Zasadach"[1]), wyprowadzić prawo wstaw. Różną łamliwość i, co za tem idzie, barwę światła można objaśnić, przyjmując, że „promienie świetlne składają się z ciałek różnej wielkości, z których najmniejsze wzbudzają fiolet, najsłabszą i najciemniejszą z barw, najłatwiej odchylaną przez płaszczyzny łamiące z prostolinjowej drogi, i z których pozostałe, w miarę jak stają się większe i większe, tworzą silniejsze i bardziej świecące barwy — niebieską, zieloną, żółtą i czerwoną i coraz trudniej są odchylane". Te oto ciałka wzbudzają działaniem „sił przyciągających lub innych jeszcze" drgania[2]), które w sposób, opisany już w pytaniu 17, a tutaj jeszcze raz podany przez Newtona, powodują przypadki łatwego odbicia i łatwego przechodzenia. „Wreszcie niezwykłe załamanie w krysztale islandzkim tak zupełnie wygląda, jakgdyby dochodziło do skutku dzięki pewnego rodzaju sile przyciągającej, właściwej pewnym bokom zarówno promieni, jak i cząstek kryształów. Gdyby to bowiem nie było skutkiem pewnego rodzaju skłonności lub siły, właściwej pewnym bokom cząstek kryształu, innym zaś nie, i naginającej lub uginającej promienie w stronę niezwykłego załamania, to promienie padające prostopadle na kryształ, nie byłyby w jedną stronę bardziej załamane niż w inną, zarówno przy

---

[1]) Końcowe ustępy (twierdz. 94) księgi I-ej.

[2]) W tem miejscu Newton zakłada milcząco, że istnieje środowisko, w którem zachodzą te drgania. Jest to właśnie to samo niezwykle rozrzedzone (nieciągłe) „eteryczne środowisko", które obszernie omawia w pytaniach od 19 do 24.

swem wejściu, jak i wyjściu... A ponieważ kryształ tą swoją zdolnością lub siłą tylko wtedy działa na promienie, gdy jeden z ich boków niezwykłego załamania skierowany jest ku takiemu samemu bokowi [w krysztale], to stąd wynika, że jeden z tych boków promienia posiada siłę lub zdolność, która tak odpowiada [takiej samej sile] kryształu lub z nią współczuje, jak odpowiadają sobie wzajemnie bieguny magnesu. I tak jak magnetyzm może być wzmocniony lub osłabiony i znajduje się tylko w kamieniu magnetycznym[1]) i żelazie, tak samo i ta siła... większa jest w krysztale islandzkim, mniejsza w krysztale górskim, w innym zaś wcale jej niema. Nie mówię, żeby ta siła była magnetyczną; jest ona, jak się zdaje, innego rodzaju, mówię tylko... że trudno byłoby pojąć, jak promienie świetlne, gdyby nie składały się z ciałek, mogłyby posiadać trwałą siłę, skierowaną ku dwu bokom, a której nie mają w kierunku dwu innych boków — i to bez względu na ich położenie w przestrzeni lub w środowisku, przez które przechodzą" (pytanie 29).

Wszystko to razem uważa Newton za niezbity dowód materjalności światła. Może jedynie zjawić się wątpliwość, czy ta materjalność jest całkowita, innemi słowy, czy światło posiada wszystkie cechy materji zwykłej. Co do masy ciałek świetlnych Newton nigdzie wyraźnie się nie wypowiada, z pewnych jednak ustępów możemy wnioskować, że światło posiada, według niego, masę, która może być wyznaczona w ten sam sposób, jaki wska-

---

[1]) Magnes naturalny.

zują „określenia" oraz „prawa i pewniki ruchu". Ciałka bowiem świetlne podlegają, jak to niejednokrotnie Newton podkreśla, prawu działania i przeciwdziałania[1], a to jak wiemy[2], wystarcza, aby z odpowiednio obmyślonego doświadczenia móc wyznaczyć ich masę. Możnaby również wyznaczyć ją na drodze pośredniej, mierząc ubytek masy, jakiego doznaje każde ciało świecące, co dla Newtona zdaje się nie podlegać żadnej wątpliwości. W końcowym ustępie pytania 11-go stwierdza, że „ciśnienie [atmosfery słonecznej] przeszkadza również ubywaniu ciała słonecznego, o ile ubywanie to nie zachodzi wskutek wysyłania światła i niezwykle małej ilości wyziewów".

Nie jest rzeczą wykluczoną, że to przekonanie, podzielane podówczas przez wielu badaczy, Newton opierał na słynnych doświadczeniach Boyle'a, dotyczących „kalcynacji"[3]) metali i wykazujących, że waga ciał otrzymanych przy silnem nagrzewaniu była większa od wagi metalu, użytego do doświadczenia. Newton, który przytacza w swych pracach różne doświadczenia Boyle'a, o tem doświadczeniu nie wspomina, mówią jednak o niem późniejsi zwolennicy newtonowskiej teorji światła. Jeden z nich Derham (William, 1657—1735) pisze: „Zakładam, zgodnie ze współczesnymi, że światło składa się z cząstek materjalnych, wysyłanych przez słońce i inne świecące ciała... Nie zatrzymując się

[1]) Pytanie 5, pytanie 29.
[2]) P. rozdział ósmy, str. 4-5.
[3]) Tak chemja ówczesna nazywała działanie, którego mocą ogrzewane metale przechodziły do stanu ziemi (wapna); był to więc proces utleniania.

na innych dowodach tej prawdy, powiem, że nasz znakomity założyciel[1]) dowiódł, że światło i ciepło[2]) składają się z cząstek materjalnych, a to na podstawie doświadczeń, wykonanych ze srebrem, ołowiem, cynkiem, żelazem i innemi ciałami, wystawionemi na ogień, czy to w naczyniu otwartem czy też zamkniętem. Znajdował zawsze, że wszystkie ciała zwiększyły swą wagę w ogniu". Światło więc, jak wynikało z tych doświadczeń, bierze w zjawiskach chemicznych udział taki sam, jak i jakiekolwiek inne ciała materjalne, może przeto tak jak one ulegać „przemianom".

W rozumieniu Newtona wyraz ten miał inne znaczenie, niż to, jakieby mu dzisiaj nadawał chemik. Poglądy na materję, które Newton wyłoży w ostatniem (31-em) pytaniu, dopuszczały prawie nieograniczoną możliwość nabywania lub tracenia przez materję pewnych własności chemicznych i fizycznych i były jak najbardziej obce późniejszemu pojęciu pierwiastków chemicznych sprzecznemu z zasadniczym postulatem jedności materji[3]). W tym punkcie chemja naukowa spotykała się z alchemją[4]). Newton alchemję znał i, zdaje się, dużo czasu jej poświęcał. Bibljoteka Newtona zawierała wiele

---

[1]) Robert Boyle, jeden z założycieli T-wa Królewskiego.

[2]) Co do ciepła, to teorja Newtona różniła się od poglądów Boyle'a; ciepło było według Newtona wtórnem zjawiskiem, wywoływanem przez światło i zachodzącem naogół wewnątrz ciała (pytania 5, 8, 9, 10, 11).

[3]) Taką jedność zakładała również filozofja Descartes'a.

[4]) Porówn. prace Boyle'a nad „pomnażaniem złota" i udział w tem Newtona (rozdz. dziewiąty, str. 35).

najwybitniejszych dzieł z tej dziedziny; niektóre, jak „Metamorfozy planet" Johna de Monte Snydersa (The Methamorphoses of the Planets) i anonimowy „Skarbiec skarbów lub złota medycyna" (Thesaurus Thesaurorum sive Medicina Aurea) były przez niego przepisane, inne, jak np. „Ujawniona tajemnica lub swobodne wejście do zamkniętego pałacu króla" (Secrets Revealed or an open entrance to the Shut Palace of King), starannie czytane, jak o tem świadczą liczne uwagi na marginesach. Pojęcie „przemiany" obejmowało zarówno te zmiany, jakie ujawnia ciało złożone w porównaniu z ciałami, z których podczas reakcji powstało, jak i przechodzenie ciała z jednej postaci w drugą. Takie znaczenie ma Newton na myśli, gdy zadaje pytanie: „czy gęste ciała i światło nie mogą przemieniać się wzajemnie i czy ciała nie zawdzięczają wiele ze swej czynności (aktywności) cząstkom świetlnym wchodzącym w ich skład?" Wszystkie bowiem ciała przy nagrzaniu wysyłają światło, nawet takie jak woda, która ze wszystkich ciał najmniej się do tego nadaje. Tymczasem, gdy się ją, „jak to wykazał p. Boyle, przemieni w wielokrotnych destylacjach w stałą ziemię, to ziemia ta po ogrzaniu świeci tak jak inne ciała". Z drugiej strony światło może być zatrzymane przez ciała, gdy „promienie jego uderzają o cząstki ciał", jak o tem była już wyżej mowa[1]). Przemiana „materji cielesnej" w światło i odwrotnie jest rzeczą zgodną ze zdrowym rozsądkiem i ze zjawiskami przyrody, które

[1]) Pytanie 11.

dają wiele przykładów tego rodzaju przemian. „Przyroda zamienia przez ogrzewanie wodę — bardzo płynną, pozbawioną smaku sól, w parę, która jest rodzajem powietrza, przez oziębianie zaś w lód, twardy, przezroczysty, łamliwy i topliwy kamień... ziemia przez ogrzewanie przemienia się w ogień i przez ochładzanie przemienia się znów w ziemię... Rtęć zjawia się czasami jako ciekły metal, czasami jako twardy, kruchy metal, czasami w postaci gryzącej, przezroczystej soli, jako sublimat, czasami jako przezroczysta, lotna, pozbawiona smaku biała ziemia, nazywana rtęcią słodką (mercurius dulcis), lub jako czerwona, nieprzezroczysta, lotna ziemia, nazywana cynobrem, lub jako czerwony lub biały osad lub jako ciekła sól; przez destylację przemienia się w parę i wstrząsana w przestrzeni, pozbawionej powietrza, świeci jak ogień. I po tych wszystkich przemianach wraca do swej początkowej postaci, jako rtęć. Jaja wzrastają od niedostrzegalnej wielkości i przemieniają się w zwierzęta, kijanki w żaby, czerwie w muchy. Wszystkie ptaki, niższe zwierzęta i ryby, owady, drzewa i inne rośliny czerpią pożywienie i wzrost z wody, z roztworów wodnych i soli, i powracają dzięki gniciu do substancyj wodnych. Gdy woda stoi kilka dni na otwartem powietrzu, wytwarza tynkturę, która (podobnie jak słód) po długiem staniu daje osad i pewien spirytus, ale przed swem gniciem nadaje się jako pokarm dla ludzi i zwierząt. Dlaczegóż więc wśród tylu najróżnorodniejszych i najszczególniejszych przemian przyroda nie miałaby również przemieniać ciała w światło i światło w ciała?" (Pytanie 30).

Czyż siły, z jakiemi ciała działają na promienie świetlne, są czemś w przyrodzie wyjątkowem? Czyż uważna obserwacja nie zmusza nas do wniosku, że „małe cząstki ciał posiadają moce, zdolności lub siły (powers, virtues or forces), któremi działają z odległości nietylko na promienie świetlne, odbijając je, załamując i uginając, lecz również i wzajemnie jedna na drugą?" Wiemy dobrze, że w zjawiskach grawitacji, elektryczności i magnetyzmu występuje przyciąganie się ciał. Jest więc rzeczą prawdopodobną, że w innych przypadkach mogą się też ujawnić siły przyciągające, gdyż „przyroda zachowuje zawsze jednorodność i zgodność z samą sobą". Użycie słowa „przyciąganie" w niczem oczywiście nie przesądza istotnego charakteru tych sił; można je, podobnie jak w „Zasadach", zastąpić słowem „impuls", które tak jak i pierwsze oznaczałoby wzajemne dążenie ciał ku sobie. Różnica między poprzednio wymienionemi siłami a temi, które Newton rozpatruje w dalszych ustępach, polegałaby na tem, że „przyciągania siły ciężkości, magnetyzmu i elektryczności sięgają dostrzegalnych odległości", te zaś ograniczone są do małych odległości, tak że nie poddają się bezpośredniej obserwacji, i można o ich istnieniu wnioskować jedynie pośrednio, przedewszystkiem na podstawie badań zjawisk chemicznych.

„Czy rozpływanie się soli kamienia winnego nie jest skutkiem przyciągania, [zachodzącego] między cząstkami soli i cząstkami wody, unoszącemi się pod postacią pary w powietrzu?" „Gdy woda i olej witrjolu[1]), nalewane do tego samego

[1]) Kwas siarkowy.

naczynia i mieszające się ze sobą, stają się bardzo gorące, czy gorąco to nie świadczy o silnym ruchu między cząstkami obydwu cieczy?" „Czy ostry i kłujący smak soli nie powstaje z silnego przyciągania, które sprawia, że cząstki soli uderzają i pobudzają cząstki języka? A gdy metale są rozpuszczone w ostrych środkach rozpuszczających i gdy kwasy w połączeniu z metalami ujawniają tak odmienne działania, że związek ma teraz smak inny, o wiele łagodniejszy, może nawet słodki, czy nie wynika to stąd, że kwasy mocno uczepiły się cząstek metalu i wskutek tego straciły wiele ze swego działania?" Możnaby nawet na tej podstawie zdać sobie sprawę z budowy cząstek soli. „Jak siła ciężkości sprawia, że morze opływa dookoła gęstsze i cięższe części ciała ziemskiego, podobnie siła przyciągania może spowodować, że wodny kwas opływać będzie gęstsze i bardziej zbite części substancji ziemi[1]), tworząc z niemi cząstki soli". Siła wzajemnego przyciągania może mieć przy zetknięciu różnych ciał różne wartości. „Gdy rozpływającą się sól kamienia winnego wlewamy do roztworu metalu, strąca ona metal i osadza go na dnie cieczy w postaci mułu. Czy nie jest to dowodem, że kwaśne cząstki są przyciągane silniej przez kamień winny, niż przez metal i wskutek tego silniejszego przyciągania przechodzą od metalu do kamienia winnego?"

Za tym przykładem, jednym z wielu, przytoczonych przez Newtona, a które wkrótce staną

---

[1]) Słowo „ziemia" jest tutaj oczywiście terminem chemicznym.

się głównem uzasadnieniem teorji powinowactwa chemicznego, idą inne, mające udowodnić, że i cząstki tego samego ciała wzajemnie się przyciągają. „Gdy odparujemy ciecz, zawierającą sól, tak że zostanie [cienka] jej warstewka i [warstewkę tę] ochłodzimy, sól stwardnieje w prawidłowych figurach; to dowodzi, że cząstki soli już poprzednio pływały w cieczy szeregami i rzędami w równych odstępach i działały wzajemnie siłami, równemi w przypadku równych odstępów i nierównemi w przypadku nierównych... I ponieważ cząstki szpatu islandzkiego działają łącznie w tym samym kierunku na promienie świetlne, aby spowodować niezwykłe załamanie: czy nie można przyjąć, że przy powstawaniu kryształów cząstki nietylko porządkowały się w szeregi i rzędy, aby zakrzepnąć w prawidłowych figurach, ale że również dzięki pewnej biegunowej własności kierowały odpowiednie swe boki w jednakowy sposób".

Dla objaśnienia tej spójności ciał stałych „wymyślili niektórzy atomy, zaopatrzone w haki; inni mówią, że ciała są na stałe związane dzięki spoczynkowi, t. zn. dzięki pewnej ukrytej własności, to znaczy właściwie dzięki niczemu; inni znowu, że trzymają się razem dzięki skupiającym je ruchom, t. zn. dzięki względnemu spoczynkowi. Ja wolę wnioskować ze zjawisk spójności (kohezji), że cząstki wzajemnie się przyciągają z pewną siłą, która przy bezpośredniem zetknięciu jest nadzwyczaj wielka, w miernych odległościach powoduje wspomniane wyżej zjawiska chemiczne, ale której działanie nie sięga na dalsze odległości od cząstek"; cząstki te muszą być twarde, inaczej nie możnaby

objaśnić krzepnięcia cieczy. „Nawet promienie świetlne wydają się być twardemi ciałkami, gdyż w przeciwnym razie nie wykazywałyby z różnych boków różnych własności." Istnienia sił przyciągania dowodzą również doświadczenia Hawksbeego[1]), wykazujące, że poziom wody między dwiema blisko siebie umieszczonemi płytkami szklanemi lub wewnątrz wąskiej rurki jest zawsze wyższy od poziomu w naczyniu. Może się zdarzyć, że „najmniejsze części materji łączą się ze sobą na skutek najsilniejszego przyciągania i tworzą większe cząstki o mniejszej sile; te zaś mogą znów połączyć się w wielkiej ilości i utworzyć cząstki większe, których siła jest jeszcze mniejsza" i t. d. Stąd powstaje różnica własności różnych ciał. Ciałami twardemi i sprężystemi są te, w których przyciąganie cząstek jest największe; gdy cząstki mogą się względem siebie przesuwać, ciało jest miękkie lub giętkie; gdy cząstki mogą łatwo się wzajemnie oddalać lub „posiadają odpowiednią wielkość, aby być poruszanemi przez gorąco", ciało jest ciekłe. „Krople każdej cieczy dążą na skutek wzajemnego przyciągania swych części do przybierania kształtu kulistego tak, jak kula ziemska lub morze tworzą kształt kulisty wskutek wzajemnego przyciągania siłą ciężkości".

Siły, działające między cząstkami, mogą być najrozmaitszych rodzajów, mogą być nawet odpychającemi. „Tak jak w algebrze tam, gdzie ustają i znikają wielkości dodatnie, rozpoczynają się ujemne, i w mechanice, gdy ustaje przyciąganie,

---

[1]) Newton pisze: Hawksby.

następuje odpychanie". Do tego wniosku doprowadza Newtona, zdaje się, głównie konieczność wyjaśnienia zjawisk odbicia i uginania się światła: „w obydwu przypadkach promienie są odpychane przez ciało, zanim bezpośrednio z niem się zetkną". Przykłady bowiem dalsze, jakie przytacza, np. zamiana cieczy w parę przy ogrzewaniu lub fermentacji, mógł całkowicie wyjaśnić na podstawie poprzednich założeń bez uciekania się do pomocy sił odpychających.

W ten sposób potwierdza się raz jeszcze, że „przyroda jest zawsze taka sama i prosta, gdy wszystkie ruchy ciał niebieskich wzbudza panującą między niemi grawitacją, podobnie jak prawie wszystkie inne małe ruchy cząstek — innemi siłami, przyciągającemi i odpychającemi, które między temi cząstkami działają"[1]. Jest to zresztą konieczny warunek trwałości wszechświata.

„Prawo bezwładności jest zasadą bierną, według której ciała zachowują swój ruch lub spoczynek..." i nie wystarcza do wyjaśnienia ruchu we wszechświecie. „Potrzebna jest jeszcze inna zasada, aby wprawić w ruch ciała, i jeszcze inna, aby je utrzymać w ruchu". Wbrew bowiem Kartezjuszowi Newton odrzuca powszechność zasady zachowania ilości ruchu: w jego rozumieniu obowiązuje ona tylko w szczególnych przypadkach[2]. Już sam sposób dodawania prędkości wskazuje

[1]) Przykład sił odpychających podaje Newton już w „Zasadach" (patrz rozdział ósmy, str. 14).

[2]) Newton prędkość rozpatruje nie jako wielkość kierunkową, lecz jako wielkość skalarną; tak że rozważania jego dotyczą właściwie siły żywej (mv^2).

wyraźnie, że „niezawsze znajduje się we wszechświecie ta sama ilość ruchu"...[1]) „Wskutek lepkości cieczy, tarcia ich cząstek i małej sprężystości ciał stałych o wiele więcej ruchu ginie, niż przybywa, tak że stale należy go uważać za ubywający." „Gdy dwa równe ciała zderzą się bezpośrednio w opróżnionej z powietrza przestrzeni, stracą, zgodnie z prawami mechaniki wszystek swój ruch i dojdą do spoczynku, chyba gdy są sprężyste i ze swego odbicia otrzymają ruch nowy." „Gdy trzy równe okrągłe naczynia napełnimy jedno wodą, drugie olejem, trzecie smołą i wstrząśniemy cieczami, tak jak wtedy, gdy chcemy je wprawić w ruch wirowy, smoła prędko na skutek lepkości utraci swój ruch, mniej lepki olej będzie go utrzymywał dłużej, jeszcze mniej lepka woda najdłużej, ale również utraci go w krótkim czasie." A więc wobec tego, że „jak widzimy, różne ruchy, zachodzące we wszechświecie, musimy uważać za podlegające stałemu zmniejszaniu się, zjawia się konieczność utrzymania ich i uzupełnienia przez takie czynne zasady, jak przyczyna siły ciążenia, pod której działaniem planety i komety utrzymują się w ruchu na swych drogach i ciała osiągają swą wielką prędkość spadku, dalej jak przyczyna fermentacji, która podtrzymuje serce i krew zwierząt w nieprzerwanym ruchu i cieple, która utrzymuje w cieple wnętrze ziemi, pewne zaś miejsca nawet w wielkiem gorącu, dzięki której ciała spalają się i świecą, góry rozpłomieniają się ogniem...

---

[1]) wypadkowa prędkość nie jest bowiem sumą arytmetyczną prędkości składowych.

i słońce stale żarzy się jak najsilniej i świeci i swojem światłem wszystko ogrzewa".

Gdyby tych czynnych zasad nie było, „ciała ziemi, planet, komet i słońca i wszystko na nich zakrzepłoby w zimnie i byłoby masą nieczynną, ustałoby gnicie i rodzenie, roślinność i życie, planety zaś i komety nie mogłyby zachować swego ruchu". Takiego końca świata, który fizyka obecna na mocy tych samych prawie, co i newtonowskie rozważań, prowadzących do zasady rozpraszania siły żywej, uważa za możliwy, Newton nie przewidywał; można nawet powiedzieć, całkowicie jego możliwość odrzucał. Wszechświat jest według niego wieczny we wszystkich swoich przejawach i jako całość niezmienny. Wieczność tę zawdzięcza zasadom czynnym, które Newton wyprowadza z założeń następujących.

„Wydaje mi się rzeczą prawdopodobną, że Bóg na początku rzeczy stworzył materję w litych, stałych, nieprzenikliwych i obdarzonych możnością ruchu cząstkach, o takiej wielkości i kształcie, z takiemi własnościami i w takim stosunku do przestrzeni, jakie prowadziły do ostatecznego celu, który sobie postawił; że dalej te początkowe cząstki z uwagi na swą stałość są nieporównanie twardsze, niż jakiekolwiek porowate ciało, z nich się składające, tak twarde, że nigdy nie mogą być zniszczone lub rozłamane, gdyż żadna siła zwykłej sztuki nie byłaby w możności rozdzielić tego, co sam Bóg przy pierwszem stworzeniu stworzył jako całość. Dopóki cząstki trwają jako całość, mogą po wszystkie czasy łączyć się w ciała tej samej przyrody i budowy; gdyby były zużyte lub rozła-

mane, przyroda zależnych od nich ciał zmieniałaby się. Woda i ziemia, złożone ze starych, zużytych cząstek i ich ułamków, nie posiadałyby tej samej przyrody i budowy, co woda i ziemia, utworzona na początku rzeczy z całych cząstek. A ponieważ przyroda trwa stale, zmienność rzeczy cielesnych polega wyłącznie na różnych podziałach, nowych połączeniach i ruchach tych trwałych cząstek... Wydaje mi się dalej, że cząstki te posiadają nietylko bezwładność i, co za tem idzie, podlegają wynikającym z tej siły w sposób naturalny biernym prawom ruchu, lecz są również poruszane przez zasady czynne, jak siła ciężkości lub przyczyna fermentacji i spójności. Zasad tych nie uważam za ukryte jakości...[1]) Takie ukryte własności są hamulcem w postępie badań przyrody... Gdy nam mówią, że każdy gatunek rzeczy jest obdarzony właściwą sobie własnością ukrytą, dzięki której działa i powoduje widzialne skutki, nie mówią przez to nic zupełnie; gdy jednak wyprowadza się ze zjawisk dwie lub trzy zasady ogólne ruchu i następnie wskazuje się, w jaki sposób z tych jasnych zasad wynikają własności i działania wszystkich rzeczy cielesnych, jest to wielki postęp w badaniu przyrody nawet wtedy, gdyby przyczyny tych zasad nie były odkryte" (pytanie 31). Materja rozproszona w przestrzeni próżnej, i siły, działające między jej cząstkami, oto te podstawowe założenia, na których musi się oprzeć każda teorja fizyczna. Na tej drodze spełni się zapowiedź przedmowy „Zasad", że przy pomocy twier-

---

[1]) P. rozdział ósmy, str. 17.

dzeń o siłach będzie można „tym samym sposobem rozumowania wyprowadzić z zasad mechaniki i inne zjawiska przyrody". „Pytania" są więc uzupełnieniem, a raczej może komentarzem „Zasad". Z biegiem czasu staną się one podobnie jak i tamto wielkie dzieło Newtona, źródłem, z którego czerpać będzie niejedno pokolenie fizyków.

ROZDZIAŁ DZIESIĄTY.

Ostatnie lata.

„Mensus eram coelos, nunc metior terrae umbras;
mens coelestis erat, corporis umbra iacet."
(Zmierzyłem niebiosa, teraz mierzę cienie ziemi, umysł mój z niebios pochodził, tu leży cień mego ciała.)

Kepler. Napis nagrobny.

W Anglji wydanie „Optyki" nie mogło już zwiększyć sławy Newtona, mogło ją co najwyżej utrwalić. W oczach uczonych angielskich był on oddawna nietylko twórcą wielkich teoryj, lecz również najdoskonalszym wyrazicielem genjuszu narodowego. Wśród siebie nie widzieli nikogo, ktoby mógł marzyć o zrównaniu się z nim. Hooke, który ongiś próbował przeciwstawić się Newtonowi, zeszedł na zawsze z pola walki (3 marca 1703 r.). Zresztą i za życia nie mógł być groźnym przeciwnikiem Newtona. Złamany niepowodzeniem i chorobami, napół oślepły, dogorywał powoli, nie biorąc od wielu już lat żadnego udziału w pracy naukowej. Inni i takich nawet jak Hooke tytułów do rywalizacji z Newtonem nie mieli. To rozumieli wszyscy. Jeszcze w 1695 r. na wieść o ukończeniu „Optyki" pisał do Newtona Wallis, aby książkę wydał po angielsku: niech ci, co chcą ją

przeczytać, nauczą się tego języka. Że tacy chętni będą, nikt w Anglji nie wątpił. Wiadomo było bowiem, że i zagranica wysoko prace Newtona ceniła. Dowodem o cztery lata od listu Wallisa późniejsza (1699 r.) uchwała najsławniejszej w świecie Akademji paryskiej, powołująca Newtona, jedynego z uczonych angielskich, do grona członków zagranicznych. Dowodem wezwanie Leibniza, ogłoszone w 1700 r. „Jakkolwiek po tylu już publicznie wyświadczonych usługach byłoby niesprawiedliwością wymagać od pana Newtona czegokolwiek, coby wymagało nowej pracy badawczej, nie mogę jednak powstrzymać się, aby przy tej sposobności nie zwrócić się z prośbą do matematyka, wielkiego bardzo umysłu, by pamiętny przypadków ludzkich i wspólnego pożytku nie ukrywał dłużej swych dalszych i już przygotowanych znakomitych rozważań, któremi może uświetnić wiedzę matematyczną, a przedewszystkiem wyjaśnić tajniki przyrody".

Temu uznaniu towarzyszyły zaszczyty. Wysoki urząd państwowy, szlachectwo (knighthood), nadane w 1705 r., zażyła znajomość z księciem Jerzym, mężem panującej królowej Anny[1]), wzbudzały szacunek dla Newtona nawet u tych, którzy niewiele lub zgoła nic nie słyszeli o ciążeniu powszechnem lub rozszczepieniu światła. W tych warunkach wybór na przewodniczącego Towarzystwa Królewskiego (30 listopada 1703 r.) był jedynie

---

[1]) Anna, druga córka króla Jakóba II, wstąpiła na tron w 1702 r. po śmierci króla Wilhelma III, męża królowej Marji, siostry Anny.

uświęceniem istniejącego stanu rzeczy. Koło Newtona, jak koło swego duchowego wodza, grupują się prawie wszyscy uczeni angielscy: zasłużony Wren (1632—1723), matematycy Saunderson i Moivre, (1667—1754)[1]), Halley (1656—1742), cieszący się niezmiennem zaufaniem i przyjaźnią Newtona, chemik Freind (1675—1728), Keill (1671—1721), najzagorzalszy może z jego wielbicieli, Roger Cotes (1682—1716), najgłębszy i najzdolniejszy z pośród uczniów Newtona, i inni. W jego pracach, notatkach szukają gorliwie obrazu „prawdziwej fizyki", którą w mniemaniu niektórych z nich stworzył dopiero Newton. Przy pracy badawczej jednak go nie widzą. Do niej Newton nie jest już zdolny. Przedwcześnie postarzały, o zadziwiająco srebrzystych włosach, wychodzących niekiedy z pod niedbale włożonej peruki, o zagasłych, bez blasku oczach jest on cieniem dawnego Newtona. Choroba, którą przebył, ciężka praca całego życia teraz dopiero ujawniają swe skutki. Tem większą wagę przywiązuje do każdego słowa, które napisał, do każdego twierdzenia, które dowiódł. Sprzeciwu żadnego nie znosi; widzi w nim próbę pomniejszenia swych zasług lub przeciwko sobie zwróconą intrygę. Locke, jego przyjaciel, będzie musiał przyznać, że „jest on nieco trudny w stosunkach i zbyt skłonny stwarzać sobie podejrzenia, gdzie niema ku temu żadnych powodów". Ostrzej o wiele osądzi go pokłócony z nim Whiston, jego następca na katedrze w Cambridge, nazwie go najpodejrz-

---

[1]) Moivre był właściwie Francuzem, który wyemigrował do Anglji.

liwszym człowiekiem, jakiego znał kiedykolwiek, i chorobliwie wprost reagującym na najmniejszą choćby krytykę. U ludzi jednak, z którymi się styka, wyjątkowo tylko może się spotkać ze sprzeciwem i oporem, który zresztą potrafiłby złamać jak najbezwzględniej. Taka ostateczność zdarza się niezwykle rzadko, otacza go bowiem powszechne uwielbienie.

To, co Halley wyraził w wierszowanym wstępie do pierwszego wydania „Zasad", nazywając Newtona „znakomitą ozdobą naszego wieku i plemienia" (saeculi gentisque nostrae decus egregium) i stwierdzając, że „niesposób śmiertelnemu bardziej dosięgnąć bogów" (nec fas est mortali propius attingere divos), staje się stopniowo przekonaniem ogółu. Clarke (1671—1742) nazywa Newtona w przedmowie do łacińskiego przekładu „Optyki" „pierwszym ze wszystkich uczonych, jacy kiedykolwiek istnieli". John Freind, profesor oksfordskiego uniwersytetu, pisze, że zrobił on dla „wyjaśnienia przyrody więcej, niż wszyscy filozofowie wszystkich narodów". Keillowi wydaje się on „boskim mężem (vir plane divinus)..., który poza niezliczonemi innemi odkryciami wyjawił początek i źródło ruchów niebieskich". Ta atmosfera niezwykłej czci, która pozwalała jedynie wyjaśniać istotne znaczenie tego, co Newton odkrył, nie dopuszczała zaś żadnego uzupełnienia lub sprostowania jego badań, zaciąży zczasem nad fizyką angielską. Ona to sprawi, że właściwi następcy Newtona, ci, co jego metodę i jego założenia ogólne stosować będą z niezwykłem powodzeniem do całej fizyki, w większości Anglikami nie będą. Ona też

spowoduje, że każdy zarzut postawiony Newtonowi, ba, nawet niedość dobitne podkreślenie jego zasług jest odczuwane jako obelga przez wszystkich Anglików. O tem wkrótce przekonał się Leibniz.

Z Newtonem Leibniz zawiązał stosunki, jak wiemy, za pośrednictwem Oldenburga; pytał go wtedy o jego odkrycia matematyczne i ze swej strony udzielił mu wiadomości, dość zresztą skąpych i niejasnych, o swych na tem polu pracach [1]). Echem odległem tej wymiany listów było „Scholium", następujące bezpośrednio po lemmacie II, księgi II, o obliczaniu „momentów" [2]). „Gdy w listach, które dziesięć lat temu wymieniłem z bardzo doświadczonym geometrą G[otfrydem] W[ilhelmem] Leibnizem, oznajmiłem, że posiadam metodę [pozwalającą] wyznaczać maxima i minima, przeprowadzać styczne i rozwiązywać [inne] podobne [zagadnienia], i która równie nadaje się do wielkości niewymiernych (terminis surdis), jak i do wymiernych, i ukryłem ją w przestawionych literach, wyrażających tę myśl, odpisał mi mąż znakomity (vir clarissimus), że sam również wpadł na tę samą metodę i zwierzył się ze swojej metody, prawie nie różniącej się od mojej, wyjąwszy oznaczanie słów i znaków oraz pojęcie o powstawaniu wielkości (quantitatum)". Ten ustęp, wiernie odtwarzający i podkreślający z pewnym naciskiem niezależność i współczesność odkryć obydwu twórców, był może wywołany ogłoszeniem przez Leibniza dwu prac z tej właśnie dziedziny: jednej

---

[1]) P. rozdział piąty, str. 10—11.

[2]) P. rozdział siódmy, str. 75.

w 1684 r., drugiej w 1686 r., zawierających szereg twierdzeń, dotyczących rachunku różniczkowego i całkowego[1]), i co ważniejsze, ustalone znakowanie tych działań — takie, jakiego do dziś dnia używamy. W pierwszej z tych prac Leibniz nie wspomniał Newtona, dopiero w drugiej wymienił go narówni z Jakóbem Gregory (1638—1675), Barrowem i Mercatorem (?—1687), jako tego, ktory wykończył metodę poprzednich uczonych. Jest rzeczą prawdopodobną, że Newton, który nie chciał ogłaszać swych prac matematycznych i w „Zasadach" nie użył ani razu słowa „fluksja", chciał tą wzmianką zabezpieczyć to, co mu się słusznie należało. Ale wkrótce już okazało się, że taki środek zapobiegawczy mało był skuteczny. Ogłoszenie prac Leibniza zwróciło powszechną uwagę na nową metodę rachunku, która w kilka lat już potem (w 1691 r.) pozwoliła Leibnizowi i niezależnie od niego Jakóbowi Bernoulliemu (1654—1705) znaleźć równanie t. zw. krzywej łańcuchowej t. j. krzywej, mającej taki kształt, jaki przybiera pod działaniem swego ciężaru doskonale giętki sznur, swobodnie przyczepiony w dwu punktach. Ten wynik przekonał nawet sceptycznie usposobionego Huygensa o dogodności nowego rachunku, którego odkrycie wobec uporczywego milczenia Newtona zaczęto wiązać z nazwiskiem Leibniza. Newton wobec tego zdecydował się przesłać Wal-

---

[1]) któremu jest poświęcona praca druga i który jest w niej nazywany calculus summatorius lub methodus tangentium inversa; słowo „integrał" — „całka" wprowadza później Jakób Bernoulli.

lisowi, przystępującemu wtedy do nowego wydania swej Algebry, odpowiednie materjały, aby mógł on w tej książce podać zasady rachunku newtonowskiego. Wtedy więc dopiero z dołączonego do dzieła Wallisa dodatku, zawierającego wyjątki z listów Newtona, można się było dowiedzieć czegoś bliższego o jego metodzie. Listy, ogłoszone przez Wallisa, różniły się jednak od tych, które w swoim czasie otrzymał Leibniz. Przedewszystkiem zawierały rozwiązanie anagramatu, czego w liście do Leibniza nie było, następnie znajdowały się w nich wyraźnie podana nazwa fluksyj, określenie tej wielkości i jej znakowanie. Książka Wallisa, wydana w 1693 r., nie mogła już wywrzeć należytego wpływu, prace bowiem Leibniza i obydwu Bernoullich (Jakóba i Jana)[1], utwierdziły na kontynencie nowy rachunek w postaci nadanej przez Leibniza. Wkrótce zresztą (w 1696 r.) pojawiła się książka, która to stanowisko rachunku leibnizowskiego jeszcze bardziej umocniła. Był to opracowany przez markiza de l'Hospitala podręcznik rachunku nieskończonościowego. De l'Hospital zaznaczał w przedmowie, że „ten uczony geometra [Leibniz] zaczął tam, gdzie inni skończyli. Jego rachunek zaprowadził go w nieznane dotychczas dziedziny, gdzie porobił odkrycia, które wywołały podziw najzręczniejszych matematyków". Newton był u de l'Hospitala raczej na drugim planie. „Newton odkrył rachunek podobny do różniczkowego, jak to wynika ze znakomitej książki „Philosophiae Naturalis Principia Mathematica",

---

[1]) Jan Bernoulli — młodszy brat Jakóba (1667—1748).

która prawie całkowicie opiera się na tym rachunku. Ale sposób znakowania Leibniza sprawia, że jego rachunek jest o wiele łatwiejszy i szybszy..." Tego rodzaju ocena zasług Newtona i Leibniza już wtedy musiała wywołać w Londynie niemiłe wrażenie. Tak przynajmniej wolno sądzić z gwałtownego wystąpienia przeciw Leibnizowi wspomnianego już wyżej [1]) Fatio de Duillersa, postaci dość podejrzanej, który w charakterze rezydenta szwajcarskiego przebywał w Londynie i potrafił zdobyć sobie zaufanie Newtona; na to również wskazywałoby przemilczenie prac Leibniza przez matematyków angielskich (D. Gregory i Moivre). Newton wreszcie postanowił przerwać milczenie i do książki, zawierającej „Optykę", włączył dwie rozprawy matematyczne, z których druga „o kwadraturze krzywych" zawierała zastosowanie rachunku fluksyj do wyznaczania pól, ograniczonych przez dane linje krzywe.

Pierwszy zaraz ustęp ujawniał dążenie Newtona do usunięcia z rachunku pojęcia nieskończenie małych, którego trudności tak znakomicie wyłożył w „Zasadach" [2]). „Rozpatrzę tutaj wielkości matematyczne, nie jako składające się z niezwykle małych części, ale jako opisane przez stały ruch. Linje są opisywane i w opisywaniu powstają nie przez zestawienie części, lecz przez stały ruch punktów; płaszczyzny przez ruch linij, ciała przez ruch powierzchni; kąty przez obrót boków, czasy przez stałe upływanie i tak jest w innych przy-

---

[1]) P. rozdział ósmy, str. 18.
[2]) Rozdział siódmy, str. 76.

padkach". Ten pogląd, na który wyżej zwracaliśmy już uwagę[1]), i który, być może, miał wyrażać przeciwstawienie się rachunkowi Leibniza, opartemu na rozważaniu nieskończenie małych przyrostów — różniczek, popiera Newton następującemi wywodami: „Takie powstawanie istotnie zachodzi w przyrodzie i można je stwierdzać codziennie podczas ruchu ciał. W podobny sposób i starożytni uczyli o powstawaniu prostokątów, gdy prowadzili ruchome proste wzdłuż prostych nieruchomych". Samo pojęcie fluksji i odpowiadającej jej fluenty Newton wyprowadza z takich rozważań. „Gdy więc wziąłem pod rozwagę, że wielkości wzrastające lub powstające przez wzrastanie są w tym samym przeciągu czasu większe lub mniejsze zależnie od większej lub mniejszej prędkości, z jaką wzrastają lub powstają, szukałem metody wyznaczenia wielkości z prędkości ruchu lub wzrostu, przez który powstały. Te prędkości ruchu lub wzrostu nazwałem fluksjami, powstające zaś wielkości fluentami[2]) i stopniowo w 1665 i 1666 roku doszedłem do metody fluksyj, której tutaj użyłem do kwadratury krzywych". Upodobnienie fluksyj do prędkości ma swą podstawę w tem, że „fluksje są w tym samym stosunku do siebie, co wytworzone w niezwykle małym przeciągu czasu przyrosty fluent", tak że zagadnienie matematyczne może zawsze znaleźć swój odpowiednik mechaniczny.

---

[1]) P. rozdział trzeci, str. 89.

[2]) Używając terminologji współczesnej, nazwalibyśmy fluenty funkcjami, fluksje zaś pochodnemi tych funkcyj względem zmiennej niezależnej.

Takie ujęcie zagadnienia, wysoce charakterystyczne dla sposobu rozumowania Newtona, z zadziwiającą jednolitością przeprowadzone przez wszystkie jego prace, odróżnia jego rachunek od bardziej formalnego rachunku Leibniza. Różnią się oni poza tem symboliką. „Oznaczam, pisze dalej Newton, [fluenty] literami z, y, x, v i ich fluksje lub prędkości wzrostu temi samemi literami, zaopatrzonemi w punkty a więc przez $\dot{z}, \dot{y}, \dot{x}, \dot{v}$..."[1]) Tych oznaczeń używa Newton w dalszej części rozprawy, która zawiera parę twierdzeń, dotyczących samego rachunku, oraz rozwiązanie szeregu zagadnień, związanych z wyznaczaniem pól, ograniczonych przez krzywe. „Rozprawa o kwadraturze krzywych", wydana powtórnie w 1711 r. wraz z innemi pracami matematycznemi, między któremi była i młodzieńcza praca „De analysi per aequationes" miała być aż do 1736 r. głównem źródłem poznania rachunku fluksyj. Dopiero bowiem wtedy, w dziewięć lat po śmierci Newtona, ukazało się w druku podstawowe jego dzieło „Metoda fluksyj i szeregów nieskończonych", gotowe już od 1671 r.[2]).

„Rozprawa o kwadraturze" została dość dziwnie przyjęta przez Leibniza. W referacie o tej pracy, umieszczonym w „Acta eruditorum", poświęcił jej

---

[1]) Te symbole w matematyce naogół się nie przyjęły; w fizyce służą one coraz częściej w tych przypadkach, gdy chodzi o istotną prędkość zmiany danej wielkości, a więc o jej zmiany w czasie.

[2]) Napisane początkowo po łacinie, zostało wydane w przekładzie angielskim p. t. „The Method of Fluxions and Infinite series: with its Application to the geometry of Curve-Lines".

bardzo mało miejsca, zbywając ją kilku uprzejmemi słowami pod adresem Newtona, rozwodząc się zato obszernie o swojej metodzie rachunkowej. To dość wyraźne zlekceważenie niepospolitego dorobku Newtona oburzyło do żywego Keilla. W ogłoszonej w 1710 r. rozprawie o „prawach sił dośrodkowych" stwierdził bez ogródek, że wynalazcą rachunku fluksyj jest Newton, co niewątpliwie było całkowicie zgodne z prawdą, i że „tę samą arytmetykę później ogłosił w „Acta eruditorum" Leibniz, zmieniając tylko nazwy i rodzaj oraz sposób oznaczania", co znów z prawdą mijało się zupełnie. Leibniz uczuł się dotknięty nietylko samym zarzutem, ale i tem, że praca Keilla pojawiła się w urzędowym organie Towarzystwa Królewskiego, którego Leibniz był od szeregu lat członkiem. Zwrócił się więc do sekretarza T-wa Sloane'a, domagając się, by T-wo zażądało od Keilla odwołania zarzutu, będącego w gruncie rzeczy oskarżeniem Leibniza o plagjat. Wyjaśnienia, na żądanie T-wa przedstawione przez Keilla i przesłane Leibnizowi, sprawy nie załagodziły. Keill twierdził, że listy Newtona, które za pośrednictwem Oldenburga otrzymał Leibniz, dawały Leibnizowi jako człowiekowi „bardzo przenikliwego umysłu" dostateczną podstawę do odtworzenia rachunku Newtona. Leibniza, rzecz prosta, takie wyjaśnienie zadowolić nie mogło; zwrócił się przeto jeszcze raz do Towarzystwa. Tym razem postanowiono wybrać komisję, któraby całą sprawę zbadała gruntownie. Wynikiem tych badań był obszerny referat, wydany wraz z załącznikami jako broszura, którego ostateczny wniosek brzmiał, że „komisja

uważa Newtona za pierwszego, który odkrył [rachunek nieskończonościowy] i jest zdania, że Keill, utrzymując to samo, nie popełnił względem Leibniza żadnej niesprawiedliwości". Taki wyrok, daleki od bezstronności, spór wysoce zaognił i doprowadził po obydwóch stronach do godnych pożałowania wystąpień, co było tem bardziej gorszące, że zamieszani byli do niego dwaj najwybitniejsi ludzie ówczesnej Europy. Wielkość bowiem nigdy nie może zwalniać od przestrzegania tych norm, których przekroczenie uważalibyśmy u zwykłych ludzi za karygodne; przeciwnie, na jej tle przekroczenia takie odbijają tem jaskrawiej. Polemiki coraz gorętszej nie przerwała nawet śmierć Leibniza (1716 r.), do tego bowiem sporu o pierwszeństwo dołączył się spór inny, o wiele głębszy — o wagę i znaczenie teoryj newtonowskich.

Leibniz nie był bezwzględnym wrogiem mechaniki Newtona, która, jak o tem wyżej była mowa, wywarła pewien wpływ na jego poglądy. Pojęcia siły żywej i martwej[1]), które naraziły go na gwałtowne ataki prawowiernych kartezjanistów, tego samego były pochodzenia, co i newtonowskie pewniki ruchu. Wywodziły się one z mechaniki Galileusza, o czem świadczył choćby termin „siła martwa", dosłownie prawie wzięty z szóstego dnia „Rozpraw i dowodzeń", gdzie „ciężar martwy" (peso morte) w tem samem użyty jest znaczeniu. Oparcie się o Galileusza zmusiło Leibniza do przypisania materji poza rozciągłością jeszcze innych cech, wyrażonych w „zdolności jej działania",

[1]) Rozdział dziewiąty, str. 38.

którą zrozumiał w sposób niczem prawie się nie różniący od tego, co mówił Newton w trzeciem określeniu „Zasad" i w „Scholium", stanowiącem zakończenie „pewników lub praw ruchu". Pod tym względem różnice między Leibnizem a Newtonem były tak drobne, że kartezjaniści zwracali zwykłe przeciwko Newtonowi zarzuty, również przeciwko „dynamice" Leibniza. Fontenelle w mowie, wygłoszonej w 1716 r. na cześć Leibniza, uważał za jedno z podstawowych założeń jego teorji to, że materja posiada co najmniej pociąg do ruchu. Jest to, według Fontenelle'a, nawrotem do Arystotelesa i ten zarzut obciąża wszystkie dalsze wywody Leibniza, a mianowicie, że „siły materji są dwojakie: naturalny pociąg do ruchu i opór przeciwko każdemu zzewnątrz nalegającemu ruchowi. Ciało może nawet wydawać się pozostającem w spoczynku, gdy opór ciał otaczających przeszkadza jego ruchowi, ale pociąg do ruchu w nim mimo to pozostaje". Fontenelle wątpił, aby mogły zwyciężyć takie zapatrywania; w poglądach przemożnej części fizyków „materja dotychczas pozostaje bez siły, przynajmniej bez czynnej siły". Wystarczy porównać te poglądy, tak przez kartezjanistów zwalczane, z odpowiedniemi ustępami „Zasad", aby przekonać się, że różnią się one jedynie mniejszą ścisłością wysłowienia od poglądów Newtona. Wydaje się jednak rzeczą bezsporną, że do tych wniosków Leibniz doszedł nie na drodze samodzielnych badań nad mechaniką Galileusza, lecz po zapoznaniu się z „Zasadami". Wskazują na to choćby daty ogłoszenia jego prac, późniejsze od daty ukazania się „Zasad" i brak zupełny wcześniejszych

prac Leibniza z tej dziedziny. Wpływ Newtona nie sięgał jednak tak daleko, aby Leibniz mógł przyjąć istnienie „działania na odległość" i wszystkie wypływające stąd wnioski. Tego zresztą, jak można było sądzić na podstawie pierwszego wydania „Zasad", newtonowska teorja grawitacji wcale nie wymagała. Z licznych, wielokrotnie przez Newtona ponawianych zastrzeżeń zdawało się wynikać, że ustalenie bezspornej prawdziwości prawa odwrotnych kwadratów pozostawia otwartem zagadnienie, czy prawo to jest ostatecznem prawem przyrody, czy też może być sprowadzone do innych praw ogólniejszych. W „Optyce" jednak, w której pozornie zachowany był ten sam punkt widzenia, sprawa przedstawiała się odmiennie; próba wyjaśnienia wszystkich zjawisk fizycznych siłami przyciągającemi lub odpychającemi, działającemi między rozproszonemi cząstkami materji, nadawała „działaniu na odległość" charakter wyjątkowy, czyniła z niego podwalinę badań fizycznych. Tak też stawiali sprawę najbliżsi współpracownicy Newtona. W rozprawie o prawach przyciągania, ogłoszonej w 1708 r., Keill stwierdzał, że badanie fizyczne oprzeć się musi na trzech pewnikach: 1. że istnieje próżna przestrzeń, 2. że każda wielkość jest podzielna do nieskończoności, 3. że cząstki materji wzajemnie się przyciągają. Na podobnych założeniach oparł Freind wykłady chemji w uniwersytecie Oksfordskim i ostro ich bronił przed krytyką „Acta eruditorum". Co więcej, takie stanowisko zajął również Cotes w znakomitej przedmowie do drugiego wydania „Zasad" (1713 r.), występując jakby w imieniu Newtona. „Tych, którzy przy-

stępowali do rozważań fizycznych, można, pisze Cotes, podzielić na trzy klasy. Byli tacy, którzy przypisywali poszczególnym rodzajom rzeczy własności szczególne i ukryte, od których następnie chcieli uzależnić, w sposób zresztą nieznany, działania (operationes) poszczególnych ciał. Na tem polega istota doktryny scholastycznej, pochodzącej od Arystotelesa i perypatetyków. Twierdzą oni, że poszczególne zjawiska (effectus) powstają ze szczególnych własności ciał, ale skąd te własności pochodzą, tego nie uczą; niczego w ten sposób nie uczą... Inni... założyli, że cała materja jest jednorodna i że wszystka rozmaitość kształtów, którą odróżniamy w ciałach, pochodzi z jakichś najprostszych i najłatwiej dostępnych umysłowi odmian poszczególnych składowych. I zaiste ustala się [na tej drodze] przejście od tego, co jest prostsze, do tego, co jest bardziej złożone, gdy tym pierwotnym odmianom nie inne przypisują własności (modos) jak te, które im przypisała przyroda. Ale tutaj coprawda pozwalają sobie na swobodę przyjmowania jakich kto chce nieznanych kształtów i wielkości, nieoznaczonych położeń i ruchów, jeżeli już nie wyobrażania sobie jakichś ukrytych płynów, które obdarzone wszechpotężną subtelnością i poruszające się na skutek ukrytych ruchów, przenikają jak najswobodniej pory ciał... Ci podstawę swych rozmyślań biorą z hipotez; i jakkolwiek następnie postępują w jak najdokładniejszej zgodzie z prawami mechaniki, to jednak trzeba o nich powiedzieć, że snują bajkę — piękną i wytworną, ale jednak bajkę". Tym szkołom filozofów Cotes przeciwstawia inną, która również

chce „wyprowadzić przyczyny wszystkich rzeczy z możliwie najprostszych zasad", niczego jednak nie uważa za zasadę, coby nie było potwierdzone przez zjawiska. Tacy filozofowie „siły przyrody i prostsze prawa sił wyprowadzają drogą analizy z jakichkolwiek wybranych zjawisk, z nich zaś następnie na drodze syntetycznej odtwarzają układ pozostałych. Ten sposób rozwiązania jest [od poprzednich] o wiele doskonalszy". Za nim też poszedł Newton i dał w swem dziele najznakomitszy przykład jego stosowania. „Inni podejrzywali lub przypuszczali, że we wszystkich ciałach zawarta jest (inesse) własność grawitacji, on pierwszy i jedyny mógł to ze zjawisk udowodnić i dzięki znakomitym rozważaniom dać mu najtrwalszą podstawę". Cotes wie o tem, że są pewni uczeni „wielkiego nazwiska", którzy pod wpływem przesądów nie chcą uznać tej nowej zasady, to też zwraca się nie do nich, lecz do życzliwych czytelników, aby przekonać ich o słuszności teorji Newtona. Im też poświęca dalszą część przedmowy, stanowiącą bardzo jasne zestawienie tych doświadczeń i tych rozumowań, które prowadzą do teorji ciążenia powszechnego. „... I ziemia i słońce i wszystkie ciała niebieskie, towarzyszące słońcu, wzajemnie się przyciągają. Cząstki więc, choćby najmniejsze, poszczególnych ciał będą miały swoje siły przyciągające, stosownie do ilości materji..." „I gdy ciężkie są wszystkie ciała, które znajdują się przy ziemi lub w niebiosach i z któremi można wykonać doświadczenie lub poczynić obserwacje, to trzeba powiedzieć ogólnie, że ciężkość przynależy do wszystkich ciał. I podobnie jak nie można

wyobrazić sobie żadnych ciał, któreby nie były rozciągłe, ruchliwe i nieprzenikliwe, tak samo nie można wyobrazić sobie takich, któreby nie były ciężkie". Zarzut, że ciężkość staje się tym sposobem własnością ukrytą, jest całkowicie niesłuszny: skoro własność jakaś wynika ze zjawisk, to istnieje i w rzeczywistości. Raczej tych wszystkich, którzy wprowadzają do fizyki wiry i urojone płyny, można uważać za zwolenników jakości ukrytych. Te bowiem hipotezy z doświadczeń bynajmniej nie wynikają.

Wszystkie więc zastrzeżenia, poczynione przez Newtona w pierwszem wydaniu „Zasad" i prawie bez zmian zachowane w wydaniu drugiem, Cotes pomija milczeniem. Ciężkość jest jedną z cech materji, nie istnieje żadne środowisko, wypełniające przestrzeń między cząstkami materji — oto wnioski, do jakich dochodzi prawdziwa filozofja, ta, która docieka prawdy i nie zajmuje się układaniem „pięknych i wytwornych bajek".

Tym poglądom Leibniz przeciwstawił swoje zapatrywania, równie stanowczo wyrażone. „Ci wszyscy, którzy są za próżnią, dają się powodować raczej wyobraźnią, niż rozumem. Gdy byłem młody, również przejmowałem się próżnią i atomami, ale rozum mnie od nich odciągnął. Wyobraźnia była radosna. Na tem można ograniczyć badania; tem można, jak gwoździem, umocnić rozważania; wierzy się, że się znalazło pierwsze składniki, coś non plus ultra. Chcielibyśmy, aby przyroda nie szła dalej, aby była skończona, jak nasz umysł: ale to właśnie dowodzi, że się nie zna wielkości i majestatu Twórcy tych rzeczy". Leibniz

podkreśla sprzeczności, związane z pojęciem „działania na odległość". „Któż jest więc pośrednikiem? Czy Bóg? Ale to byłby cud... Lub może pewne niematerjalne substancje, lub pewne... wyziewy, lub wreszcie coś innego? Oznacza się to środowisko[1]) jako niewidzialne, nienamacalne i niemechaniczne. Z tem samem prawem można powiedzieć: niewytłumaczone, niepojęte, nieuzasadnione i bezprzykładne. Nazywa się je naturalnem, gdyż działa stale i prawidłowo", ale Leibniz uważa, że „nic nie może być naturalne, czego nie można wyjaśnić naturą rzeczy". Powoływanie się na wolę Boga jest całkowicie nieuzasadnione. „Nadprzyrodzonem jest bowiem to, co przekracza siły wszelkich stworzeń. Gdyby np. Bóg chciał, aby swobodne ciało poruszało się dookoła stałego środka bez działania jakiejkolwiek innej przyczyny, byłoby to możliwe tylko cudem i nie mogłoby być wyjaśnione w żaden naturalny sposób". Argument zaś, że gdyby nie działały siły przyciągające, wszechświat nie byłby wieczny[2]), nie ma dla Leibniza żadnego znaczenia. Wszechświat i tak jest wieczny. Twierdzenie, że „wszechświat stale, przy każdem np. niesprężystem zderzeniu ciał, traci na sile, która stale musi być na nowo dostarczana", jest błędne. „Gdyż to, co przy zderzeniu niesprężystem tracą na sile całe ciała, zyskują na ruchu, a przez to i na sile ich części wewnętrzne. Siły nie będą zniszczone, lecz jedynie rozproszone między małe cząstki, to

---

[1]) Jest to aluzja do pewnego ustępu w liście Clarke'a do Leibniza, gdzie przyciąganie ciał było objaśniane działaniem takiego środowiska.

[2]) P. rozdział dziewiąty, str. 79—81.

znaczy, nie giną one, lecz oznacza to tyle tylko, co zamiana dużej monety na małe". Temu więc, co zczasem stanie się zasadą rozpraszania siły żywej, przeciwstawia Leibniz to, co będzie później nazywane zasadą jej zachowania; dużo wody będzie musiało upłynąć, zanim zdoła fizyka ten punkt dyskusji Leibniza i Newtona wyjaśnić i sprzeczne napozór zasady uzgodnić.

Wszechświat nie jest, jak to mniema Newton, czemś w rodzaju zegara, który jest od czasu do czasu nakręcany lub poprawiany przez Boga. Przeciwnie, we wszechświecie jest zawsze zawarta ta sama siła i ta sama moc. Bóg nie potrzebuje cudów dla utrzymania wszechświata, a takim nieustającym cudem byłoby „działanie na odległość".

W tej walce, toczonej o podstawowe zagadnienia nauki, opinja Europy była raczej po stronie Leibniza. Kult bowiem dla teorji Newtona nie przekraczał podówczas granic Anglji. Voltaire, który znacznie później, bo na rok przed śmiercią Newtona był przez dłuższy czas w Anglji, stwierdzał, że Francuz, przybywający do Londynu, spotyka się z wielu nieoczekiwanemi rzeczami odmiennemi od tych, do których przywykł. „Pozostawił świat pełnym, zastaje go próżnym. W Paryżu widzimy wszechświat utworzony z wirów subtelnej materji, w Londynie nie widzą niczego podobnego. U nas ciśnienie księżyca powoduje przypływ morza, u Anglików morze ciąży ku księżycowi... U naszych kartezjanistów wszystko zachodzi na skutek impulsu, którego się zupełnie nie rozumie, u pana Newtona na skutek przyciągania, którego przyczyny też się nie zna. W Paryżu

wyobrażają sobie ziemię nakształt melona, w Londynie ziemia jest spłaszczona z dwu stron. Światło dla kartezjanisty istnieje w powietrzu, dla zwolennika Newtona przychodzi ze słońca w sześć i pół minut. Wasza chemja dokonywa wszystkich swoich zabiegów przy pomocy kwasów, alkaljów i materji subtelnej; przyciąganie panuje nawet w chemji angielskiej".

Ale już wtedy, kiedy Voltaire pisał te słowa, kartezjanizm przestawał być wyłącznym panem położenia na lądzie stałym: teorja Newtona zaczynała przenikać i zagranicę. Dziwnym zbiegiem okoliczności pierwsza uległa jej wpływowi kolebka kartezjanizmu — Holandja. Coprawda, już pod koniec wieku 17 doktryna Descartes'a zaczęła tracić wpływy wśród uczonych holenderskich. Działalność naukowa Huygensa, który ostatnie lata swego życia spędził w ojczyźnie, jego poglądy na metody badania fizycznego utorowały drogę pracom Newtona. To też spotkały się one naogół z życzliwem przyjęciem i całkowitem zrozumieniem, któremu dał wyraz Boerhave (1668—1738), sławny lekarz i wybitny przyrodnik, gdy w mowie, wygłoszonej w 1715 r., objaśniał, w myśl wskazań Newtona, znaczenie sił przyciągających. „Przyciąganie, mówił, nie oznacza nic innego, jak pewną nieznaną przyczynę, stwarzającą ruch do pewnego stopnia przyrodzony, na skutek którego niektóre ciała posiadają dążność spotykania się; ale nie tłumaczy istoty tej przyczyny i nie mówi wyraźnie, w jaki zrozumiały sposób ruch ten wytwarza". Nie jest to w ustach Boerhave'a zarzutem, jest jedynie prostem stwierdzeniem ostrożności wywodów Newtona, co, rzecz

prosta, może do nich wzbudzić tem większe zaufanie. To też Boerhave nie będzie się wahał do swych prac chemicznych wprowadzać pojęcia, których źródła możnaby szukać w „pytaniach" Newtona, spotka się nawet z zarzutem, że „w tej fizyce i chemji, tak czystej i świetlanej, dopuszcza przyciąganie... i nawet uznaje zupełnie wyraźnie, że przyciąganie nie jest zasadą mechaniczną". W dziedzinach jednak, w których pracował Boerhave, wpływ Newtona mógł się ujawniać w stopniu stosunkowo nieznacznym. Dlatego nietyle działalność Boerhave'a ile s'Gravesande'a, profesora matematyki i astronomji uniwersytetu lejdejskiego, przyczyniła się do rozpowszechnienia poglądów Newtona na stałym lądzie.

s'Gravesande (1688—1742) miał możność spędzić parę lat w Londynie, gdzie zapoznał się z Newtonem i dzięki niemu został powołany na członka T-wa Królewskiego. Obcowanie z Newtonem, z fizykiem Desaguliers (1683—1744) i innymi wybitnymi zwolennikami teoryj Newtona pozwoliło mu zbadać dokładnie fizykę newtonowską. Po powrocie do kraju i objęciu katedry rozpoczął swe wykłady w sposób dotychczas w Holandji, a bodaj i całej Europie, niepraktykowany. Używał do nich, pisze jego biograf, „znacznej ilości maszyn, których większość jego była wynalazkiem i które mu umożliwiły objaśnienie przy pomocy doświadczeń wszystkich różnorodnych działów fizyki... Astronomję wykładał z niemniejszą świetnością. Zastąpił urojone wiry Descartes'a, podówczas uznawane w uniwersytecie lejdejskim, prawdziwemi przyczynami ruchu ciał niebieskich, odkrytemi z taką przenikli-

wością przez słynnego Newtona". Wykłady swoje s'Gravesande ogłosił drukiem. Dwutomowe dzieło in 4-o, którego tytuł (Podstawy matematyczne fizyki doświadczeniami potwierdzone lub wprowadzenie do filozofji newtonowskiej — Physices elementa mathematica experimentis confirmata sive introductio ad philosophiam Newtonianam) wyraźnie zaznaczał stosunek do teoryj Newtona, ukazało się po łacinie w 1720 r., w przekładzie zaś angielskim w 1723 r. O powodzeniu jego świadczy fakt, że wkrótce już zjawiła się konieczność wydania skróconego do użytku słuchaczy szkół wyższych (in usus academicos). Był to bowiem, istotnie, pierwszy nowoczesny podręcznik fizyki, którego układ wielokrotnie później naśladowano. Wywodów teoretycznych, opartych wyłącznie na rozumowaniu, zawierał stosunkowo niewiele. Twierdzenia lub określenia, umieszczane zazwyczaj na początku każdego rozdziału, były uzasadnione licznemi doświadczeniami, których większość i dziś jeszcze pokazywana jest na wykładach.

Już w pierwszych zaraz rozdziałach s'Gravesande powtarzał podstawowe założenia szkoły newtonowskiej, a więc, że ciało jest podzielne do nieskończoności i że „wszystkie cząstki ciał posiadają zdolność przyciągania", „co jest szczególnem prawem spójności", i wreszcie, że „nazywamy przyciąganiem każdą siłę, jakiegokolwiekby mogła być rodzaju, która sprawia, że dwa ciała dążą jedno do drugiego", jakkolwiek, dodawał s'Gravesande w myśl wskazówek Newtona, „może to być impulsem".

Z teoryj światła przyjmował, oczywiście, teorję materjalną i powtarzał dla jej uzasadnienia główne

argumenty „Optyki". Wykłady s'Gravesande'a przyczyniły się do wzbudzenia w szerokich masach wielkiego zainteresowania się fizyką. „Nie jest ona, pisał w 1736 r. fizyk Muschenbroeck, tak jak dawniej przywilejem małej liczby filozofów, ale kwitnie i cieszy się powodzeniem większości uczonych. Kupiec nawet uważa ją za wchodzącą w zakres jego zajęć i rzemieślnik, słysząc o niej codziennie, nabiera do niej zamiłowania".

Z tem środowiskiem zetknął się w 1737 r. Voltaire (1694—1778). „Przyjechałem do Lejdy, pisze do swego przyjaciela, aby zasięgnąć u doktora Boerhave'a porady co do mego zdrowia, u s'Gravesande'a zaś co do filozofji Newtona", i, być może, co do prawie już gotowego dzieła „Podstawy filozofji Newtona" (Eléments de la philosophie de Newton). Nie była to pierwsza praca jego o Newtonie. W „Listach filozoficznych", wydanych w 1734 r. i zawierających opis ludzi i stosunków, z jakiemi się w Anglji zapoznał, dość dużo miejsca poświęcił Newtonowi i jego badaniom. Wtedy właśnie, podczas pobytu w Anglji, pod wpływem, jak się zdaje, Locke'a przejął się głębokiem uznaniem dla teoryj newtonowskich i uznał ich wyższość nad teorjami kartezjańskiemi. Pobyt w Lejdzie, gdzie dnie całe spędzał nad doświadczeniami fizycznemi, atmosfera kraju, gdzie pod ożywczem tchnieniem nowej fizyki powstały w wielu miastach kółka naukowe, „w których spędzano przyjemnie czas na poszukiwaniu własności i działań ciał różnego rodzaju", mogły go tylko umocnić w zapatrywaniach. Wyjście z pod prasy w 1738 r. „Podstaw filozofji Newtona" było dla szerokiego ogółu

we Francji tem, czem odczyty Bentleya były dla Anglji. W porównaniu jednak z Bentleyem Voltaire miał zadanie o wiele łatwiejsze. Wtedy bowiem, gdy książka jego ukazywała się w druku, jedno z bardzo spornych zagadnień zostało rozstrzygnięte całkowicie na korzyść Newtona. Zagadnieniem tem był kształt ziemi. Pomiary długości łuku południka, wykonywane z dużą starannością przez wielu uczonych, jak Cassini, de la Hire i inni, zdawały się prowadzić do wniosku, że długość łuku jednego stopnia maleje stopniowo z południa na północ. Było to całkowicie sprzeczne z podanem i udowodnionem w „Zasadach" twierdzeniem o spłaszczeniu ziemi na biegunach i w przekonaniu kartezjanistów stanowiło jeden z poważnych argumentów przeciwko fizyce Newtona. Zwolennicy jej nie dawali jednak za wygrane i zdołali przeprowadzić w Akademji Paryskiej uchwałę, której mocą zostały wysłane (w 1735 r.) dwie komisje, jedna do Peru, druga do Laplandji w celu wykonania nowych dokładniejszych pomiarów. Pierwsza wróciła komisja północna, której przewodniczył Maupertuis (1698—1759), z wynikami, stwierdzającemi zgodnie z Newtonem zwiększanie się długości łuku jednego stopnia na północy[1]). Te wyniki, przyjęte początkowo z niedowierzaniem i nawet z drwinami, zostały w kilka lat potem potwierdzone przez komisję peruwjańską.

Walka z teorją Newtona stawała się coraz trudniejsza. Nową fizykę musiała wreszcie uznać

---

[1]) W kole biegunowem łuk jednego stopnia był dłuższy o 250 toise (około 500 metrów) od łuku w środkowej Francj

i Akademja Paryska, uważana dotychczas za twierdzę kartezjanizmu. W 1740 r. wyróżniła nagrodą trzy prace, jawnie powołujące się na „Zasady" i stanowiące rozwinięcie poglądów, wyłożonych w „Zasadach". Były to prace Daniela Bernoulliego (1700—1782), Mac Laurina (1698—1746) i Eulera (1707—1783) o przypływie i odpływie morza. Od tej chwili można było uważać panowanie fizyki newtonowskiej za zapewnione. Ogarnia ona całą Europę. W odległym, na krańcach świata cywilizowanego leżącym Nowogródku powtarzają „ku wielkiemu ukontentowaniu przytomnego państwa" doświadczenia z „trójgraniastemi szkłami paryskiej i londyńskiej roboty; z tych 6 jedno przed drugiem stać miało, aby przepuszczony promień słoneczny przez pierwsze pryzma na siedm swoich przedniejszych kolorów podzielił się; z tych wzięty jeden np. czerwony, na drugie pięć obrócony, dowodnie pokazywać mógł, że systema Newtona o kolorach podobniejsze jest do prawdy, aniżeli Kartezjusza".

Poglądy Newtona kształtują stopniowo wszystkie dziedziny fizyki i chemji. We flogistonie, który według Stahla (1660—1734) miał być szczególnem ciałem, warunkującem spalanie, zaczynają upatrywać „czystą materję światła, uwięzioną bezpośrednio w ciałach". Gdy udało się spalić diament w promieniach słonecznych, skupionych w ognisku zwierciadła wklęsłego, Buffon (1707—1788) widział w tem świetnem doświadczeniu potwierdzenie hipotezy Newtona co do związku między spółczynnikiem załamania a palnością ciała. Algarotti w popularnej książce „Newtonjanizm dla pań" (Il New-

tonianismo per le Dame — 1734 r.) pisał: „Jeżeli światło jest złożone z cząstek, to nie jest rzeczą niemożliwą, że substancja ta posiada swe powinowactwa". Powoli zmuszano do milczenia wszystkie głosy przeciwne. O dziele Huygensa „Rozprawa o świetle" przez zgórą sto lat nie będzie wcale mowy; do pracy Leonarda Eulera, zawierającej głębokie uwagi o teorji undulacyjnej światła, tłumacz doda wstęp, w którym będzie czytelników prosił o wybaczenie znakomitemu uczonemu, że „przekroczył granice skromności i miary".

Lata przynoszą coraz to nowe potwierdzenia płodności założeń Newtona. D'Alembert, Lagrange, Laplace stwarzają z mechaniki newtonowskiej wzór dyscypliny naukowej. Prawo grawitacji staje się punktem wyjścia dla Coulomba (1736—1806) przy formułowaniu i sprawdzaniu doświadczalnem praw działania sił elektrycznych i magnetycznych, na newtonowskich siłach spójności opiera Laplace swą fizykę drobinową, pierwszą naukową próbę teorji budowy materji.

Ale te badania pojawiły się później i nie one przyniosły zwycięstwo fizyce newtonowskiej. Triumf teorji, której wywody matematyczne dla niewielu tylko były dostępne i którą większość wyznawców znała jedynie z opracowań popularnych, miał źródło w potędze syntezy Newtona. Poddanie jednej zasadzie wszystkich zjawisk „od jednych krańców naszego wszechświata do drugich", odnalezienie jej w działaniach, jakim „podlega Saturn i najmniejszy atom na Saturnie, słońce i najmniejszy promień słoneczny", było czemś tak wielkiem, że musiało olśnić tych nawet, którzy wszystkich szcze-

gółów tej syntezy zrozumieć nie mogli. Olśnienie było tak silne, że nie odrazu i nie wszyscy spostrzegli, że dzieła Newtona poza tym wspaniałym obrazem wszechświata zawierają coś więcej jeszcze: nieporównany, dla rzadkich tylko wybrańców do osiągnięcia, wzór metody naukowej, niewyczerpaną głębię spostrzeżeń i wiarę w prawdę, którą ludzkość poznaje w pracy i wysiłku. I to zapewnia dziełom tym nieśmiertelność.

Newton nie dożył całkowitego zwycięstwa swych poglądów. Mógł jednak, szczęśliwszy od innych wielkich twórców, widzieć, jak zwycięstwo to się przybliża. Mógł widzieć, jak rośnie grono jego wyznawców, którzy — Newtone suadente[1] — mieli dalej prowadzić jego dzieło. W ich pracy czynnego udziału nie brał. Czasami tylko dawał pewne wskazówki Clarke'owi w jego dyskusji z Leibnizem, wypowiadał swoje zdanie co do zmian, jakie Pemberton chciał wprowadzić do trzeciego wydania „Zasad" (w 1726 r.).

Drugiego marca 1727 r. przewodniczył na posiedzeniu T-wa Królewskiego. Dwudziestego marca już nie żył. Zwłoki jego złożono w opactwie Westminsterskiem, panteonie Anglji. Na pomniku[2], jakim uczcił go uniwersytet w Cambridge, opromieniony jego sławą, wyryto napis:

„umysłem rodzaj ludzki przewyższył"
(ingenio genus humanum superavit)

---

[1]) Za radą Newtona — taki napis wyryty jest na tablicy ku czci Mac-Laurina.

[2]) Dłóta Roubiliaca.

PRZYPISY

DO ROZDZIAŁU ÓSMEGO

od grudnia 1684 r. do maja 1686 r. — takie daty podaje własnoręczna notatka Newtona; Newton zaznacza w niej, że „dziesięć lub dwanaście twierdzeń powstało już przedtem, a mianowicie 1 i 11 w grudniu 1679 r., 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13 i 17 księgi pierwszej i 1, 2, 3 i 4 księgi drugiej w czerwcu i lipcu 1684" — D. Brewster, l. c., tom I, str. 471

„z ruchów [wyznaczać] *siły poruszające..."* cytata z „Lectiones opticae" Newtona, przytoczona w tekście według Blocha, l. c., str. 353

podobnie, jak rzemieślnik... Bloch, l. c., str. 425, widzi w metodzie Newtona wpływ Bacona, który domagał się, aby nauka brała przykład z techniki, uczony z rzemieślnika. To objaśnienie nie wydaje się nam słuszne; raczej należałoby przypuszczać, że na metodę Newtona wpłynęło jego zamiłowanie do pracy doświadczalnej, a nawet do wszelkiego rodzaju robót ręcznych

o sporze między kartezjanistami a Leibnizem oraz o rozwoju pojęcia siły żywej nieco więcej szczegółów można znaleźć w książce „Z dziejów rozwoju fizyki", tom I, str. 252—255

określenie masy, jako „pojemności mechanicznej" — terminu podobnego użył w 1907 r. W. Ostwald, biorąc za punkt wyjścia wzór na energję ruchu; Langevin (Journ. de Phys. 1913, str. 554), opierając się na wzorze ilości ruchu, nazywa ją „pojemnością popędu"

Descartes'owi... utrudniła... oparcie teorji wirów o ścisły rachunek. „Gdy bowiem wszystkie ciała, jakie znajdują się we wszechświecie, stykają się ze sobą i działają

na siebie wzajemnie, ruch któregokolwiek z nich zależy od ruchów wszystkich innych" (Princ. phil., str. 202)

cytata z Laplace'a wzięta z jego dzieła „Exposition du système du monde". Wydanie czwarte. Paris 1813, str. 310

siły, występujące przy zetknięciu omawia Newton w dziale XII księgi I-ej, gdzie rozpatruje ciała kuliste; w twierdzeniu 75 działu XIII uogólnia twierdzenia poprzednie na ciała dowolnego kształtu. „...Jeżeli tym kulom... odejmiemy dowolne części, odległe od punktu zetknięcia, i dodamy gdziekolwiek części nowe, to będziemy mogli wedle życzenia zmieniać kształt tych ciał przyciągających, części zaś dodane lub odjęte, jako oddalone od miejsca zetknięcia, nie będą w znaczniejszy sposób (notabiliter) zwiększały nadwyżki przyciągania, powstającej z zetknięcia. Twierdzenie więc jest udowodnione dla ciał wszystkich kształtów". — Rosenberger, l. c., str. 196, widzi w staranności, z jaką Newton badał różne możliwe przypadki przyciągania, chęć wykazania, że „sam Stwórca, udzielając materji sił, nie mógł dla naturalnych działań sił wybrać innego prawa, jak prawo odwrotnych kwadratów"

ustęp z „Cosmotheoros" Huygensa przytoczony według E. Dühringa, l. c., str. 105

cytata z listu do Leibniza, zawierająca porównanie teorji Descartes'a i Newtona przytoczona według Rosenbergera, l. c., str. 238

list Fatio de Duilliera do Huygensa patrz Rigaud, l. c., str. 88

odpowiedź Huygensa Locke'owi patrz Brewster, l. c., tom I, str. 339

wstęp do „rozprawy o świetle", przytoczony według Rosenbergera, str. 497. Rosenberger opatruje go uwagą, że „te złota słowa... całkowicie stosują się do „Principia mathematica". Z tem trudno byłoby się zgodzić. Huygens przeciwstawia metodę nauk przyrodniczych metodom geometrji, pisząc w opuszczonym przez nas w tekście ustępie przedmowy: „W dziele tem znajdą się dowodzenia, które nie będą posiadały tak wielkiej pewności, jak dowodzenia geometrji... geometrzy [bowiem] dowodzą swych twierdzeń na podstawie niewzruszonych założeń".

Taka przeciwstawność obca była niewątpliwie Newtonowi, jak tego dowodzi choćby przedmowa do „Zasad", jak tego dowodzą również rozważania Helmholtza, powołującego się niejednokrotnie na Newtona („Ueber den Ursprung und die Bedeutung der geometrischen Axiome" i „Die Tatsachen in der Wahrnehmung")

ocena teorji Newtona przez Huygensa, jak również i streszczenie teorji Huygensa podane według Rosenbergera, l. c., str. 234—238, który przytacza w obszernym wyciągu „Discours de la cause de la pesanteur". Opis doświadczenia Huygensa podaje również Bloch, l. c., str. 317; Bloch niesłusznie naszem zdaniem pisze, że „Huygens nie przestawał ogłaszać się za kartezjanistę w fizyce". Prace Huygensa, dotyczące siły ciężkości, były, jak się zdaje, punktem wyjścia późniejszych prób Boscovicha i Le Sage'a, które raczej wiążą się z atomistyką niż z kartezjanizmem. O hipotezie Le Sage'a patrz Wł. Natanson. Wstęp do fizyki teoretycznej. Warszawa 1890, str. 102—110. Ustęp z „Discours de la cause de la pesanteur" jest przedrukowany i przez Rigaud, (l. c.) str. 65

list do Leibniza z czerwca 1692 r. przytoczony według Rosenbergera, l. c., str. 241

list do Bentleya przytoczony według Rosenbergera, l. c., str 267—268. Brewster, streszczając listy Newtona do Bentleya (tom II str. 125—130) tych ustępów nie podaje

rozmowa z lordem Astonem — Brewster, l. c., tom I str. 341, przypisek

cytata z „Optyki" według niemieckiego przekładu W. Abendrotha w wydawnictwie „Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften", Nr. 97, str. 108

cytata z „Zasad filozofji" Descartes'a — Descartes, l. c., str. 99

odpowiedź Pardiesowi według Rosenbergera, l. c, str. 86

ustęp ze streszczenia Halleya — według Rosenbergera, l. c., str. 261—262

ustęp z „Optyki" — wskazany wyżej przekład niemiecki, str. 121

DO ROZDZIAŁU DZIEWIĄTEGO

Zatarg króla Jakóba II z uniwersytetem w Cambridge — Brewster, l. c., tom II, str. 105—110; Macaulay, l. c., tom III, 228—232

o działalności politycznej Newtona w konwencji — Macaulay, l. c., tom IV, str. 183; tom VI, str. 186; Brewster, l. c., tom II, str. 112—115. Mówiąc w tekście o ciążeniu Newtona ku wigom, poszliśmy za zdaniem Macaulaya, który nazywa Newtona „chwałą nieśmiertelną całego wigów stronnictwa" (l. c., tom X, str. 235); Cantor w „Historji matematyki" (l. c., str 65—67) pisze o Newtonie jako o skrajnym torysie; jak się zdaje, teza taka jest mu potrzebna do wyjaśnienia późniejszej niechęci między Newtonem a Leibnizem, popierającym zagranicą plany polityczne wigów. Brewster (l. c., tom II, str. 218) wyraźnie zaznacza, że przy wyborach 1705 r. Newtona obalili torysi

o chorobie Newtona — Brewster, l. c., 130—156; Rosenberger, l. c., str. 278—285

przepis Boyle'a na „pomnażanie złota" — Brewster, l. c., str. 120—122

książka ta, o której... Acta eruditorum pisały — cytata z „Acta eruditorum" według Rosenbergera, l. c., str. 272, przypis

streszczenie prac Leibniza według Rosenbergera, l. c., 231—234; o podziale na siły martwe i żywe: „Hinc vis quoque duplex: alia elementaris, quam et mortuam appello, quia in ea nondum existit motus, sed tantum solicitatio ad motum; alia vero vis ordinaria est, cum motu actuali conjuncta, quam voco vivam..." (tu siła jest także podwójna: jedna elementarna, którą też nazywam martwą, gdyż w niej jeszcze nie istnieje ruch, lecz raczej pobudzanie do ruchu; druga jest zwykłą siłą, złączoną z istotnie zachodzącym ruchem, tę nazywam żywą)

o wpływie zainteresowań teologicznych na powodzenie książki Newtona pisze wyraźnie Rosenberger, l. c., str. 264; *rolę Bentleya* podkreśla Brewster, l. c., tom I, str. 340—341 i Rigaud, l. c., str. 97

o wykładaniu w uniwersytetach mechaniki Newtona — Brewster, l. c., tom I, str. 335

podręcznik Rohaulta po raz pierwszy wydany był w 1671 r. Voltaire l. c., str. 132 nazywa go „małą książką"; miał on jednak dwa tomy, coprawda małego formatu (12°)

tytuł przekładu Clarke'a podaje Rosenberger, l. c., str. 273

płacono za nie czasem czterokrotną cenę — Brewster, l. c., tom I, str. 373

niekiedy całą książkę przepisywano — Rigaud, l. c., str. 104

o błędach w pierwszem wydaniu „Zasad" pisał Newton w notatce, znalezionej w jego papierach, Rigaud, l. c., str. 92

„serdeczny przyjaciel" Newtona, tak go Newton nazywa w liście, pisanym do Halleya 18 lutego 1687 r. — Brewster, tom I, str. 455

charakterystyka Montague'a głównie według Macaulaya, l. c., tom VIII, str. 215—217; podobnie ocenia utwory Montague'a Władysław Tarnawski („Historja literatury angielskiej", Lwów 1930, nakładem K. S. Jakubowskiego, str. 149—150)

powiedzenie Montague'a o oliwie i lampie — Brewster, l. c., tom II, str. 192

dzieje reformy monetarnej według Macaulaya, l. c, tom IX i X

o trudnościach, z jakiemi Newton spotkał się w mennicy — Brewster, l c., str. 194—202

pierwszym lordem skarbu — taki tytuł nadaje mu polski tłumacz Macaulaya; Brewster pisze „First Commissioner of the Treasury"

stosunek Newtona do pracy naukowej jeszcze ostrzej określa Biot (Journal des savants 1855 r.), pisząc, że „od tego czasu [powołania do mennicy] jego czas i umysł były całkowicie pochłonięte przez to nowe zajęcie... Nawet w wiele lat później, gdy już nie potrzebował kierować wielkim nawałem spraw, czyż nie widzimy go, jak w swej korespondencji z Cotes'em przerywa na kilka miesięcy wszystkie stosunki naukowe, twierdząc, że musi całkowicie oddać się innym sprawom". Biot twierdzi, że Newton starał się usilnie o posadę w mennicy i że od chwili nominacji „nauka w jego oczach zeszła na drugi

plan". Podobne wnioski możnaby wysnuć z listu Millingtona do Pepy'ego, pisanego w 1693 r. (B r e w s t e r, l. c., str. 144—145), gdzie „melancholja" Newtona jest do pewnego stopnia związana „z zaniedbaniem go przez ludzi stojących u władzy"

list do Flamsteeda — B r e w s t e r, l. c., tom II, str. 223

„Optyka", wydana w 1704 r. — w pierwszem wydaniu zawierała jeszcze rozprawę „o rodzaju i wielkości figur krzywolinjowych" (Also Two Treatises of the Species and Magnitude of Curvilinear Figures). Następne wydania (w 1717, 1721 i 1730 — ostatnie przeglądane przez Newtona) nie miały już tego dodatku. Wydanie łacińskie miało tytuł „Optice, sive de Reflexionibus Refractionibus, Inflexionibus et Coloribus Lucis Libri III, Latine reddidit Samuel Clarke A. M. Accedunt Tractatus II eiusdem Authoris de Speciebus et Magnitudine Figurarum Curvilinerarum". Przekład ten zawiera o sześć pytań więcej (22) niż wydanie oryginalne (16 pytań). Do liczby 31 doszły pytania dopiero w wydaniu drugiem.

do wydania „Optyki" skłoniła Newtona, według R o s e n b e r g e r a, l. c., str. 289, śmierć Hooke'a (3 marca 1703 r.)

wszelkie cytaty z „Optyki" według wymienionego wyżej przekładu niemieckiego; w polskim języku wyjątki z „Optyki" Newtona wraz z objaśnieniami podał St. Ziemecki w książce „Z dziejów rozwoju fizyki" Wyd. II, tom II

popularne wyjaśnienie, jak można przedstawić sobie przypadki łatwego odbicia i załamania daje B r e w s t e r, l. c., tom I, str. 168 i dalsze

Huygens... omawiał prostolinjowe rozchodzenie się światła — odpowiedni ustęp znajduje się w jego „Discours de la cause de la pesanteur", który przytaczamy według R o s e n b e r g e r a, l. c., str. 316: „Jeżeli Newton twierdzi, że głos z pełną siłą rozchodzi się również na boki, to przeczą temu obserwacje nad echem, przy którem można zauważyć o wiele silniejsze prostolinjowe rozchodzenie się głosu, a nawet równość kąta padania i odbicia"

prace Newtona z dziedziny ciepła. — W 1701 r. Newton ogłosił anonimowo w „Philosophical Transactions" sześciostronicową rozprawę „Skala stopni ciepła. Opisy i znaki ciepła" (Scala graduum caloris. Calorum Descriptiones et signa), zawierającą opis termometru, którym Newton posługiwał się przy pomiarach, i badań nad ostyganiem ciał. Prace te były, jak się zdaje, wykonane przed napisaniem „Zasad", gdyż w księdze III można znaleźć powoływanie się na pomiary cieplne, wykonane przy pomocy tego właśnie termometru. W wymienionej rozprawie Newton podaje tablicę stopni ciepła, ułożoną przy pomocy „termometru i rozżarzonego żelaza. Przy pomocy termometru, zbudowanego z oleju lnianego[1]), znalazłem, pisze Newton, że olej termometru, umieszczony w topniejącym śniegu, zajmował przestrzeń 10000 części, ten sam olej, rozrzedzony ciepłem ciała ludzkiego, przestrzeń 10256 i ciepłem wody, dopiero zaczynającej wrzeć, 10705, ciepłem wody, gwałtownie wrzącej, 10725 i ciepłem stopionej cyny, gdy zaczyna krzepnąć, 11516 i t. d... I po znalezieniu tego założyłem, że ciepło jest proporcjonalne do rozrzedzenia samego oleju". Dla usprawiedliwienia takiej skali Newton powołuje się na doświadczenie z ostyganiem żelaza. Zakłada, że strata ciepła, jakiej doznaje żelazo w równomiernym prądzie powietrza, jest proporcjonalna do ilości „ciepła"[2]), zawartego w danej chwili w żelazie. Wtedy gdy czas będzie wzrastał w postępie arytmetycznym, „ciepło" żelaza będzie malało w postępie geometrycznym. (Z założenia bowiem wynika, że w nieskończenie małym przeciągu czasu $d\tau$, ilość utraconego ciepła dQ będzie równa: $dQ = k\,(t - t_1)\,d\tau$, gdzie k — czynnik proporcjonalności, t — temperatura żelaza, t_1 — temperatura otoczenia; przyjmując $dQ = c\,dt$, gdzie c — pojemność cieplna żelaza, otrzymujemy $\frac{dt}{t - t_1} = \frac{k}{c}\,d\tau$. Skąd po zsumowaniu dla skończonego przeciągu czasu:

$$t = t_1 + (t_0 - t_1)\,e^{-\frac{k}{c}\tau},$$

[1]) Pomysł takiego termometru pochodził, jak się zdaje, od Boyle'a.

[2]) Właściwie różnicy temperatur żelaza i otoczenia.

gdzie t_0 — temperatura żelaza, gdy $\tau = o$. Jeżeli nam chodzi jedynie o wyznaczenie nadwyżki temperatury żelaza nad temperaturą otoczenia, możemy wzór uprościć:

$$t - t_1 = T; \; t_0 - t_1 = T_0, \text{ wtedy } T = T_0 e^{-\frac{k}{c}\tau}).$$

Newton umieszczał na żarzącem się żelazie kawałki różnych metali łatwo topliwych (bizmut, ołów, antymon) oraz wosku i mierzył odstępy czasu, jakie upływały między skrzepnięciem jednego z tych ciał i następnego. Stąd można było, choćby na drodze graficznej, wyznaczyć stosunek nadwyżki temperatury (według Newtona ciepła) topnienia danych ciał nad temperaturą otoczenia. Stosunek ten był naogół zgodny z danemi, otrzymanemi na podstawie założenia poprzedniego, że „ciepło" jest proporcjonalne do „rozrzedzenia" oleju.

prace Newtona nad budową oka omawia Brewster, l. c., tom I, str. 219 - 239; w przypisach zaś przytacza w całości: 1. notatkę o budowie oka (bez daty); 2. list do dr. Williama Briggsa z d. 7 maja 1685 r. i 3. przedrukowaną w „Treatise of Optics" J. Harrisa rozprawę p. t. „Opis nerwów ocznych i ich złączenia się w mózgu" (Description of the Optic Nerves and their Juncture in the Brain). Daty wydania optyki Harrisa Brewster nie podaje

„pewne niezwykle rzadkie pary..." w tłumaczeniu tego ustępu poszliśmy za Rosenbergerem, l. c., str. 317; przekład w „Ostwalds Klassiker" jest nieco odmienny: „....pary, wyziewy i wypływy, które unoszą się z atmosfery ziemi, planet i komet i z tak niezwykle rzadkiego środowiska eterycznego"...

do pytania 29 — Rosenberger, l. c., str. 320, widzi sprzeczność w odrzuceniu przez Newtona hipotezy eteru i zakończeniu pytania 29 ustępem następującym: „Co w pytaniu tem rozumiem przez próżnię i przez przyciąganie między promieniami świetlnemi i szkłem lub kryształem, można zrozumieć z tego, co było powiedziane w pytaniach 18, 19 i 20". Sprzeczność ta wydaje się nam pozorną: Newton zakładał istnienie środowiska bardzo rozrzedzonego (nie ciągłego), które było mu po-

trzebne przedewszystkiem do wyjaśnienia przypadków łatwego odbicia i przechodzenia; odrzucał jedynie, i to w sposób kategoryczny, kartezjuszowskie założenie przestrzeni pełnej i wynikającą stąd hipotezę eteru ciągłego

doświadczenie Boyle'a — o wpływie tego doświadczenia na powstanie i utrwalenie się materjalnej teorji światła pisze obszernie Helena Metzger, Newton, Stahl, Boerhave et la doctrine chimique, Paris, Alcan, 1930, str. 68—82. Z tej książki wzięty też został przytoczony w tekście ustęp z Derhama (str. 70—71)

o zainteresowaniach Newtona alchemją — Brewster, l. c., tom II, str. 370—376

do pytania 31 — pytanie 31 jest jedynem prawie źródłem, z którego możemy czerpać wiadomości o badaniach chemicznych Newtona. Z tej dziedziny jedynie dwustronicowa rozprawka „De Natura Acidorum" oraz dwustronicowe również „Cogitationes Variae" zostały ogłoszone drukiem w zbiorowem wydaniu prac Newtona w 1744 r. (Opuscula Mathematica, Philosophica et Philologica collegit partimque Latine vertit Joh. Castillioneus — Lozanna), nie zawierającem większych dzieł Newtona („Zasad", „Optyki", „Arithmetica Universalis" i „Methodus Fluxionum") — H. Zeitlinger, l. c., str. 162; Brewster, l. c., tom II, str. 368. Cantor, l. c., str. 168, cytuje „Methodus fluxionum" według „Opuscula". Nie mając tego wydania, nie możemy rozstrzygnąć, kto się tu myli — Cantor czy Zeitlinger

o siłach odpychających — H. Metzger, l. c, str. 54—55, przypuszcza, że na tym właśnie ustępie „pytań", dopuszczającym istnienie zerowych sił przyciągających, opierali się następnie twórcy teorji nieważników

o wskazówki, z jakiemi dziełami należy się zapoznać, aby móc zrozumieć „Zasady" — Bentleyowi Newton radził zaznajomić się z „Elementami" Euklidesa, z algebrą Bartha i Schootena, geometrją Witta i astronomją w opracowaniu Gassendiego i Mercatora. To według niego wystarczało do zrozumienia książki, zapoznanie się jednak z „Horologium oscillatorium" Huygensa może to zrozumienie ułatwić. Brewster, l. c., tom I, str. 464—469

PRZYPISY DO ROZDZIAŁU DZIESIĄTEGO

List Wallisa do Newtona — Rosenberger, l. c., str. 463

wezwanie Leibniza, wydrukowane w „Acta eruditorum", przytacza Rigaud, l. c., str. 104

powierzchowność Newtona — Arago, l. c., str. 344

opinja Locke'a o Newtonie — Brewster, l. c., tom II, str. 163; Rosenberger, l. c., str. 284

opinja Whistona — Arago, l. c, str. 334, przytacza również zbyt niewątpliwie ostrą opinję Flamsteeda: „Newton wydawał mi się zawsze podstępnym, ambitnym, niezmiernie chciwym pochwał i z niecierpliwością znoszącym sprzeciwy"

o charakterze Newtona — surowy sąd wydaje Morgan, l. c., str. 38 i nast.; str. 45, str. 152 i nast.

potrafiłby złamać z całą bezwzględnością — dowodem zatarg z Flamsteedem, obszernie opisany przez wszystkich prawie biografów Newtona. Rosenberger, l. c., str. 252—259; Brewster, l. c., tom II, str. 158—184, 219—242; Morgan, l. c., str. 40—42, 143—144; Biot, l. c., str. 2—3, 6; Arago, l. c., str. 360—365

pracę Freinda, z której wzięta jest podana w tekście cytata, przytacza w obszernem streszczeniu Rosenberger, l. c., str. 359—365

ustęp z Keilla pochodzi z przedmowy do jego książki „Introductio ad veram astronomiam", wydanej w 1718 r. — Brewster, l. c., tom I, str. 342, Rosenberger, l. c., str. 344—347 — przytacza inną jeszcze książkę Keilla, wydaną w 1702 r. „Introductio ad veram physicam seu lectiones physicae"

Ten ustęp... był może wywołany ogłoszeniem przez Leibniza — Cantor, l. c., tom III, str. 203 kategorycznie twierdzi, że cały lemmat II to miał właśnie na celu; należy jednak zaznaczyć, że znakomite skądinąd dzieło Cantora nie jest wolne od jaskrawo nieraz występującego nacjonalizmu niemieckiego, co niestety osłabia w wysokim stopniu wagę jego wywodów

o pracach Leibniza z 1684 i 1686 r. — Rosenberger, l. c., str. 448

ustęp z przedmowy de l'Hospitala — Rosenberger, l. c., str. 459

dość obszerne omówienie napaści Fatio de Duillersa na Leibniza można znaleźć u Rosenbergera, l. c., str. 469—471

cytaty z „Rozprawy o kwadraturze krzywych" według przekładu niemieckiego dr. Gerharda Kowalewskiego w „Ostwalds Klassiker", Nr. 164

ustęp o znakowaniu jest dość niejasny; jeżeli z, x, y, v oznaczają funkcje, to co jest zmienną niezależną, względem której bierzemy pochodne $\dot{z}$, $\dot{x}$, $\dot{y}$, $\dot{v}$? Na te braki znakowania newtonowskiego zwraca uwagę Rosenberger, jak o tem już wyżej było wspomniane

spór z Leibnizem ma swoją bardzo stosunkowo obszerną literaturę. Pisze o nim Brewster, Biot, Cantor, Morgan. W przedstawieniu tego sporu poszliśmy za wysoce zrównoważonym i bezstronnym Rosenbergerem, l. c., str. 423—506

praca Keilla była wydrukowana w tomie „Philosophical Transactions", noszącym datę 1708 r.; tom ten ukazał się jednak dopiero w 1710 r.

broszura, wydana w sprawie Leibniza, nosiła tytuł „Commercium epistolicum D. Johannis Collins et aliorum de Analysi promota" i pierwsze jej wydanie wyszło w 1712 r., następnie miała jeszcze parę wydań, uzupełnianych i zmienianych w porównaniu z wydaniem pierwszem

o „ciężarze martwym" (peso morto) — w przekładzie polskim „Rozmów i dowodzeń", str. 224

mowa Fontenelle'a według Rosenbergera l. c., str. 519

o wpływie Newtona na Leibniza por. Rosenberger, l. c., str. 233

rozprawa Keilla, przytoczona według Rosenbergera, l. c., str. 347

przedmowa Cotes'a według wskazanego wyżej wydania „Zasad"

cytaty z Leibniza pochodzą z jego listów, jakie zamienił w 1715 i w 1716 r. z Clarkem, który jak się zdaje, redagował swe odpowiedzi w porozumieniu z Newtonem; tem też pewno się tłumaczy, że wyjaśnienia Clarke'a nie są tak kategoryczne, jak twierdzenia Keilla, Freinda, a na-

wet Cotesa. Cytaty w tekście wzięliśmy nie ze źródła, lecz z tych przytoczeń, które podaje H. Metzger, l. c., str. 26—27 i Rosenberger, l. c., str. 514—519. Zażyłość Newtona z Clarkem, wybitnym arjaninem, już u współczesnych budziła przekonanie o arjanizmie Newtona. Voltaire pisał (l. c., str. 100): „Sekta Arjusza zaczyna odżywać w Anglji równie silnie, jak w Holandji i Polsce. Wielki Newton zaszczycał ten pogląd swoją życzliwością. Filozof ten przypuszczał, że unitarjusze rozumują bardziej geometrycznie niż my. Lecz najwytrwalszym opiekunem doktryny arjańskiej jest sławny doktor Clarke". Morgan, l. c., str. 171—177, zdaje się podzielać to zdanie; o arjanizmie Newtona (a raczej o jego „sympatji do Braci Polskich") pisze również St. Kot („Ideologja polityczna i społeczna Braci Polskich, zwanych arjanami". — Wyd. Kasy im. Mianowskiego 1932, str. 147), także powołując się na Voltaire'a

ustęp z Voltaire'a pochodzi z jego „Lettres philosophiques", l. c., str. 126—127

cytata z mowy Boerhave'a według Pierre Brunet. Les physiciens hollandais et la méthode expérimentale en France au XVIIIe siècle. Paris, A. Blanchard, 1926, str. 42

spotka się nawet z zarzutem — ten zarzut postawił Fontenelle — H. Metzger, l. c., str. 198

o stosunku Boerhave'a do Newtona świadczy fakt, że Pemberton, który studjował medycynę w Lejdzie, zapoznał się z „Zasadami" dzięki Boerhave'owi

cytata z biografa s'Gravesande'a Allamanda według Bruneta, l. c., str. 50

cytaty z s'Gravesande'a według przekładu francuskiego przez Elie de Joncourt; przekład ten p. t. „Elemens de physique demontrez mathematiquement et confirmez par des expériences ou introduction à la philosophie Newtonienne" wydany był w Lejdzie w 1746 r.

cytata z Muschenbroecka według Bruneta, l. c., str. 98

prawie już gotowego dzieła „Podstawy filozofji Newtona" — dzieło to nieukończone oddał Voltaire na wyjezdnem z Holandji księgarzowi Ledet, który je bez wiedzy Voltaire'a wydał w 1738 r., zamówiwszy zakończenie

u jednego z matematyków holenderskich. W ostatecznem wydaniu, przejrzanem i poprawionem przez Voltaire'a, książka wyszła w w 1741 r.

o znaczeniu pomiaru łuku południka — patrz. Voltaire, l. c., 545—548, Rosenberger, l. c., str. 509—512

o wpływie teorji Newtona na chemję — H. Metzger, l. c., str. 75—80; z tej książki wzięte są cytaty z Algarottiego i Buffona

wstęp tłumacza do pracy Eulera — Rosenberger, l. c., str. 332

nie odrazu i nie wszyscy spostrzegli — dowodem choćby prace najbliższych współpracowników Newtona — Keilla i Freinda, które nic prawie z metody Newtona nie mają; można nawet powiedzieć, że w dowolnem operowaniu hipotezami przewyższają kartezjanistów

trzecie wydanie „Zasad" — różni się od drugiego: inną redakcją „Scholium", omawiającego odkrycie fluksyj, i dodaniem dwu twierdzeń astronoma Machina, dotyczących ruchu węzłów księżyca. W nowej redakcji „Scholium" niema już wzmianki o Leibnizu

o powtórzeniu w Nowogródku doświadczenia z pryzmatami — Wł. Smoleński. Przewrót umysłowy w Polsce wieku XVIII. Wydanie drugie. Warszawa 1923, str. 60

Do Polski fizyka Newtona doszła dopiero w epoce odrodzenia umysłowego, którego widomą oznaką była reforma szkolna pijarów. Doszła nie jako odrębna, przeciwstawiająca się innym teorja fizyczna, lecz raczej jako jedna z części składowych „filozofji współczesnej" — philosophiae recentiorum — razem z teorjami Kartezjusza, Locke'a, Wolffa, z któremi dopiero wtedy zaczynała się Polska zapoznawać. Głęboki jej wpływ ujawnił się nietyle w poglądach teoretycznych „czyli materja jest nieskończenie podzielna? czyli newtońska attrakcja jest rzeczy materjalnych własnością? czyli czczość w rzeczach ma być przypuszczona?" (ks. Samuel Chróścikowski, Filozofja chrześcijańska o początkach praw naturalnych przeciwko deistom. Warszawa 1766 — w/g Smoleńskiego l. c. str. 73), ile w metodzie badań przyrodniczych, całkowicie zgodnej ze wskazaniami Newtona.

Pionierem tego nowego kierunku stał się ks. pijar Antoni Wiśniewski (1718—1774), pierwszy po wielu latach

zastoju umysłowego fizyk polski. O duchu, w jakim prowadził wykłady fizyki w konwikcie ks. Konarskiego, świadczą wypowiedzenia jego uczniów na t. zw. „rozmowach", inaczej referatach, wygłaszanych publicznie. „Tać ta filozofja — mówił jeden z nich, jakby parafrazując słowa przedmowy Cotes'a — która teraźniejszych osobliwie czasów z niewolniczego, że tak rzekę, dawnych wybiwszy się filozofów jarzma i na żadnego słowa ślepo nie przysięgając nauki mistrza, zupełnej w dysputowaniu, bez subtelnych i zawiłych spekulacyj, i o rzeczach sądzeniu nabyła wolności. Zapomocą matematyki i eksperymentalnej fizyki tak wiele dawnym nawet niewiadomych filozofom... poodkrywano sekretów, iż mało takich być na świecie zdaje się rzeczy, o którychbyśmy jej pewnemi naukami wsparci, doskonale mówić i sądzić nie mogli". Ale dojść do takich wyników można tylko, łącząc harmonijnie doświadczenie z teorją; samo „pokazanie" może „kontentować nasze oczy", „rozumu nie kontentuje". „Któż doskonale pojmie naturę ruszenia; kto zrozumie ciężkość ciał widomych; kto całego strukturę świata, skutki powietrza i w innych stworzonych rzeczach własności, odmiany i przymioty bez matematyki odkryć i opisać potrafi" (S m o l e ń s k i, l. c., str. 51—52.)

Wpływowi wykładów Wiśniewskiego pierwsi ulegli jezuici. W 1752 r. wprowadzili do swych kolegjów fizykę eksperymentalną, jako jeden z głównych przedmiotów programu, kładąc wielki nacisk na tworzenie przy szkołach „muzeów" fizycznych, bogato zaopatrzonych w przyrządy. Stopniowo zainteresowanie „filozofją współczesną" zaczęło obejmować coraz szersze koła społeczeństwa. Wykłady ks. Józefa Rogalińskiego (1728—1802) w kolegjum jezuickiem poznańskiem cieszyły się szczególnem powodzeniem; słuchać ich będzie również uczeń szkoły Lubrańskiego Jan Śniadecki (1756—1830) i z nich zaczerpnie, jak sam o tem później napisze, „wstrętu do szkoły perypatetyków" — wstrętu, który zachowa na zawsze (D z i e ł a J a n a Ś n i a d e c k i e g o. Wydanie nowe Michała Balińskiego. Warszawa 1839, tom I, cz. I, str. 4). Publiczne pokazy i dysputy gromadzą liczną publiczność; pisma podają o nich szczegółowe wiadomości, czasami nawet opisywane są w oddzielnych broszurach, jak np. popis po-

znański w czerwcu 1766 r. „w wystawionem nowo wspaniałem muzeum, różnemi matematycznemi narzędziami przyozdobionem" „o dziwnych bursztynowania czyli elektryzacji skutkach"; w Wilnie in musaeo mathematico były pokazywane „physicae experimentalis ...specimena, jako to: dilatationem solidissimorum corporum oraz ex principiis dioptricis, catoptricis, hydrostaticis pochodzące effectus". Urzędnicy i ziemianie, przybyli na sejmik do Środy, biorą wraz z młodzieżą szkolną udział w dyspucie o wodociągach, „o dochodzeniu i dobywaniu kruszców, o sposobie osuszenia ich od wody zalewającej"; w wileńskiej auli akademickiej odbywa się dysputa na temat systemu Kopernika i Tychona de Brahe z czynnym udziałem starosty sobockiego Rudominy (Smoleński, 1 c., str. 58, 59, 60). W pismach spotykamy wzmianki o zaciekłych dyskusjach naukowych, prowadzonych przy lada sposobności, nawet na zebraniach towarzyskich. Dopuszczone nagle do korzystania z wyników wiedzy pokolenie stawało w olśnieniu przed jej potęgą. „Gdyby wiek nasz — pisał jezuita Piotr Świtkowski (1744—1793) — był od przyszłego zapytany: cóżeś ty nowego wydał? coś widział nowego? mógłby śmiało odpowiedzieć: upewniłem ostatecznie, jaka jest postać prawdziwa ziemi. Nauczyłem wbrew stawać przeciw piorunom i wyznaczać im, gdzie mają bić, gdzie nie; ściągałem je nawet, niby wino szampańskie, w butelki... Widziałem powracającego kometę, gdy wyszedł na urlop, który mu dał mój Halley, a w 89 roku obaczę go drugi raz. Zamiast jednego powietrza, które nasi przodkowie znali, liczę ich teraz trzynaście rodzajów... Żywe srebro zbiłem do kupy młotem. Straszne ciężary podniosłem do góry ogniem... Złoto zepchnąłem z tronu, który przez wszystkie wieki, jako najcięższe między metalami, posiadało, a na jego miejsce osadziłem na nim platynę. Dałem jedną nową dalekonośną perspektywę czyli przedni teleskop, który nawet sam Newton uznał za niepodobny". (Smoleński, l. c, str. 127—128) Jednocześnie wzrastała potrzeba wykazania udziału Polski w tej wielkiej pracy ludzkości. Nazwisko Kopernika pojawia się coraz częściej, staje się przedmiotem dumy narodowej. „Monitor" (z 1765 r.) stwierdzał, że „zaczyna w Warszawie, osobliwie u księży... fizyka doświadczalna kwitnąć i spodziewać się

należy, że wkrótce mężów, we wszystkich częściach matematyki biegłych, Polska widzieć będzie". Przygotowanie takich „biegłych mężów" miały ułatwić podręczniki fizyki, których dwa ukazały się tego samego 1764 r. Pierwszego autorem był pijar ks. Samuel Chróścikowski (1730—1799). „Fizyka, doświadczeniami potwierdzona" — (ułamkowa zresztą — nie rozważała ani zjawisk cieplnych ani magnetycznych ani optycznych) — przeznaczona do użytku szkolnego, już z tego choćby tytułu nie mogła wiele miejsca użyczać matematycznym przeważnie wywodom Newtona, tam jednak, gdzie to było możliwe, ks. Chróścikowski stawał wyraźnie na stanowisku Newtona, podzielając jego poglądy na materję, próżnię, przyciąganie, zwalczając poglądy tych, którzy w grawitacji widzieli qualitatem occultam. Od rozważań teoretycznych wstrzymywał się jednak: „Dalekom się podobno z newtońską atrakcją zapędził: com jednak mówił, w tem tylko myśli newtonianów wyrażałem, albo raczej dotknąłem. Wolno zaś każdemu trzymać; co się podoba i zdaje". Rozmiarami, jasnością wykładu, stworzeniem nieistniejącej przedtem polskiej terminologji naukowej znacznie podręcznik ks. Chróścikowskiego przewyższało wielotomowe dzieło ks. Józefa Rogalińskiego p. t. „Doświadczenia skutków rzeczy pod zmysły podpadających, na publicznych posiedzeniach w szkołach poznańskich S. J. na widok wystawione i wykładane". Dzieło to, którego tom I wyszedł w 1764 r., V zaś i ostatni w 1767 r. i które rozeszło się w krótkim bardzo czasie, już bowiem w 1770 r. trzeba było przystąpić do drugiego wydania, kładło, podobnie jak książka ks. Chróścikowskiego, nacisk na stronę doświadczalną zjawisk; nie brakło w niem jednak gorących wyrazów zachwytu nad teorją ciążenia, która „wszystkie skutki na świecie tłumaczy", i uznania jej za jedno z najznakomitszych odkryć. Wiele więcej o Newtonie pisać nie było można; należało wprzód wychować sobie odpowiednich czytelników. To wychowanie szło niezwykle szybko. W 1765 r. już nie profesorowie, lecz uczniowie konwiktu jezuitów składają królowi w darze pierwszy „traktat o mechanice, polskim językiem napisany". Książki z fizyki przestają być rzadkością: w 1777 r. ukazuje się „Fizyka doświadczeniami potwierdzona" ks. Józefa Osińskiego (1738—1802), w dwa lata

później dwutomowa, wzorowo ułożona, znana nawet i zagranicą „Fizyka czyli wiadomości natury i skutków rzeczy, pod zmysły podpadających" ks. Józefa Lisikiewicza, której tom drugi zawierał między innemi wyniki własnych badań autora nad źródłami mineralnemi w Polsce. Zjawia się wkrótce potrzeba monografij. Zasłużony ks. Osiński pisze o „gatunkach powietrza odmiennego od tego, w którem żyjemy", o „sposobie ubezpieczającym życie i majątki od piorunów" i t. d. Jego publiczne wykłady fizyki w sali teatralnej collegium nobilium ściągają tłumy publiczności. Wreszcie 1777 r. powstaje w Warszawie Towarzystwo Fizyczne — zapowiedź przyszłego T-wa Przyjaciół Nauk. Temu pogłębieniu wiedzy fizycznej towarzyszyło coraz lepsze zrozumienie wielkości dzieła Newtona. W rozprawie, ogłoszonej w czasopiśmie „Zabawy przyjemne i pożyteczne" p. t. „Myśli o genjuszu", pisał członek T-wa Fizycznego, marszałek wielki koronny Michał Mniszek (1748—1806): „Nieśmiertelny Newton, twą [genjusza] pomocą wsparty, ośmielił się rachunkiem wyśledzić tor i postępowánie skrzywionych linij: pierwszy wynalazł, pierwszy użył korzyści pryzmatu". (S m o l e ń s k i, l. c., str. 312). W podobnych słowach wyrazi zczasem swój sąd o pracach Newtona uczeń tych pionierów myśli naukowej polskiej Jan Śniadecki. Stwierdzi on w rozprawie o Koperniku, że z praw ciążenia trzeba było „wszystkie skutki i odmiany w biegach niebieskich... wydobyć, ogarnąć pod jeden widok tyle rozlicznych i na oko różnorodnych przypadków, upatrzyć, jak te między sobą trzymają się i wiążą, jak jedne zawisły od drugich: trzeba było jeszcze ocenioną ich wartość z obserwacjami porównać: a wyniósłszy się od skutków do przyczyn, wrócić znowu od przyczyn do skutków, i tym zwrotem i mocą myśli opanować przekonanie". Do tego potrzebny był „nowy język wspierający reflexyę w przebieganiu niezmiernego łańcucha skutków... Taki język wynalazł Newton; sztuką tego języka zamieniła się cała nowo utworzona nauka przyczyn i praw fizycznych na jedno zagadnienie Mechaniki". (D z i e ł a J a n a Ś n i a d e c k i e g o, l. c., tom II, str. 151—152).

SKOROWIDZ.

(Liczby rzymskie oznaczają tomik, arabskie — stronicę.)

SPIS ROZDZIAŁÓW

Z CYKLU „DLA WSZYSTKICH"
SERJA C. BIBLJOTECZKA PRZYRODNICZA

polecamy:

Stopień I dla dzieci i młodzieży, stopień II dla młodzieży i dorosłych.

218. DYAKOWSKI, B. O trzęsieniach ziemi. Z ilustracjami. (Stopień II) 1,50
219. DOBROWOLSKI, A. B. Amundsen. Z ilustracjami. (Stopień II) . . . . 2,—
220. VIEWEGEROWA, J. Z życia ryb. Z ilustr. (Stopień II) 2,80
221. GROTOWSKA, H. Zwierzęta juczne. Z ilustr. Cz. II. (Stopień I) 1,60
222. SADZEWICZOWA, M. Słońce. Z ilustr. (Stop. I) 1,30
223. GAYÓWNA, D. Dobroczyńca ludzkości Ludwik Pasteur. Z ilustr. (Stopień II) 2,50
224. DOMANIEWSKI, J. Ptaki naszych lasów. Z ilustracjami. Cz. I. (Stopień I) 2,60
225. — Ptaki naszych lasów. Z ilustr. Cz. II. (Stop. I) 2,60
226. KOZŁOWSKA, A. DR. Egipt darem Nilu. Z ilustracjami. (Stopień II) . . . . 2,—
227. DOMANIEWSKI, J. Ptaki naszych gór. Z ilustracjami. (Stopień I) 2,60
228. DYAKOWSKI, B. Nasze zboża. Z ilustr. (Stop. I)
229. GUMIŃSKI, R. DR. Pogoda. Z ilustr. (Stopień II) 2,80
230. GROTOWSKA, H. Mali mieszkańcy dużego domu. Z ilustr. (Stopień I) 1,50
232. ANTONIEWICZÓWNA, J. Mały ogródek. Z ilustracjami. (Stopień I) 2,30
233. DYAKOWSKI, B. Badacz dalekiej Północy. Z ilustr. (Stopień II) 2,60
234. SZAFEROWA, J. Brzoza. Z ilustr. Stop. II) 1,60
235. DOBROWOLSKI, A. B. Życie w krainach lodu. Z ilustr. (Stopień II) 2,20

51,-

M. GRO

NEW